

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/017568

International filing date: 16 September 2005 (16.09.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-272489
Filing date: 17 September 2004 (17.09.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 20 October 2005 (20.10.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2004年 9月17日

出 願 番 号
Application Number: 特願2004-272489

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

J P 2004-272489

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2005年10月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中 嶋



【書類名】 特許願
【整理番号】 2047960172
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04L 13/00
H04L 12/56
H04B 7/06

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 中原 秀樹

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 ▲たか▼井 均

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 山▲さき▼ 秀聡

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 宮長 健二

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 田中 宏一郎

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100098291
【弁理士】
【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 035367
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9405386

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムであって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、

前記送信タイミング制御手段によって決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段と、

前記受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信する受信手段とを備え、

前記所定の遅延量は、前記受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、無線伝送システム。

【請求項 2】

前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は前記無線局に設けられ、

各前記無線局が持ち合わせる前記基準タイミングは予め定められており、各前記無線局が持ち合わせる前記基準タイミングは同一のタイミングであることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 3】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信局は、

前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信元信号送信手段を含み、

前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は前記無線局に設けられ、

前記無線局は、

前記送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段と、

前記中継受信手段によって前記信号が受信されたタイミングを検出するタイミング検出手段とを含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記タイミング検出手段によって検出されたタイミングを前記基準タイミングとし、

前記送信手段は、前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信することを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 4】

前記タイミング検出手段は、前記信号に含まれるユニークワードを検出することを特徴とする、請求項 3 に記載の無線伝送システム。

【請求項 5】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信局は、

前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信元信号送信手段と、

前記所定の遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、

前記基準タイミングから、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号を前記受信局へ送信する再送信開始タイミングとする再送信開始タイミング決定手段と、

前記再送信開始タイミング決定手段によって決定された前記再送信開始タイミングに、前記信号を前記受信局へ送信する再送信信号送信手段とを含み、

前記前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は、前記無線局に設けられており、

前記無線局は、前記送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段を含み、

前記送信手段は、前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信することを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 6】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信局は、

前記無線局が送信する信号に与えるべき遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、

前記遅延量選択手段によって選択された遅延量を前記信号に付加する遅延量付加手段と、

前記遅延量付加手段によって遅延量が付加された信号を前記無線局に送信する送信元信号送信手段とを含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記無線局に設けられ、

前記無線局は、

前記送信元信号送信手段によって送信された前記遅延量が付加された信号を受信する中継受信手段と、

前記中継受信手段によって受信された信号から前記遅延量を抽出する遅延量抽出手段とを含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記遅延量抽出手段によって抽出された遅延量の分だけ前記基準タイミングから遅延させたタイミングを前記送信開始タイミングとし、

前記送信手段は、前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信することを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 7】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は、前記送信局に設けられ、

前記送信局は、

各前記無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の候補値から選択する遅延量選択手段を含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記基準タイミングから前記遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを前記送信開始タイミングとし、

前記送信手段は、前記送信タイミングに、前記信号を前記無線局に送信し、

前記無線局は、

前記送信局から送信されてきた信号を受信する中継受信手段と、

前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信する中継送信手段とを含む、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 8】

前記複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する前記無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、

前記送信局は、さらに、

前記遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた前記無線局から送信される信号が前記受信局に到達するタイミングが等しくなるように前記遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、

前記遅延量付加手段は、前記遅延量調整手段によって調整された遅延量を示す遅延信号を生成し、

前記受信手段は、互いに隣接する前記無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することを特徴とする、請求項 6 に記載の無線伝送システム。

【請求項 9】

前記複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する前記無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、

前記送信局は、さらに、

前記遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた前記無線局から送信される信号が前記受信局に到達するタイミングが等しくなるように前記遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記基準タイミングから、前記遅延量調整手段によって調整された遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、

前記受信手段は、互いに隣接する前記無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することを特徴とする、請求項 7 に記載の無線伝送システム。

【請求項 10】

前記無線局は、線状に配置されることを特徴とする、請求項 8 または 9 に記載の無線伝送システム。

【請求項 11】

前記線状に配置された無線局の組が複数あり、当該線状に配置された無線局の組は、互いに平行になるように配置されていることを特徴とする、請求項 10 に記載の無線伝送システム。

【請求項 12】

前記所定の遅延量の数は、前記最大有効ブランチ数に等しいことを特徴とする、請求項 3 または 5 ～ 7 のいずれかに記載の無線伝送システム。

【請求項 13】

前記所定の遅延量の数は、2 つであることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 14】

さらに、複数の候補値から前記所定の遅延量を選択する遅延量選択手段を備え、

前記遅延量選択手段によって選択されるべき遅延量は予め定められており、

前記送信タイミング制御手段は、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定することを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 15】

さらに、複数の候補値から前記所定の遅延量をランダムに選択する遅延量選択手段を備え、

前記送信タイミング制御手段は、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定することを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 16】

前記変調方式および前記復調方式にスペクトル拡散方式を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 17】

前記変調方式および前記復調方式に周波数直交多重方式を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 18】

前記変調方式に P S K - V P 方式を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 19】

前記変調方式にシングルキャリア方式を用い、前記復調方式に等化器を用いることを特徴とする、請求項 1 に記載の無線伝送システム。

【請求項 20】

前記送信局と前記無線局とは、無線を介して接続されていることを特徴とする、請求項 3 または 5 ～ 7 のいずれかに記載の無線伝送システム。

【請求項 21】

前記送信局と前記無線局とは、有線伝送路を介して接続されていることを特徴とする、

請求項 3 または 5 ～ 7 のいずれかに記載の無線伝送システム。

【請求項 2 2】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられる無線局であって

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、

前記送信タイミング制御手段によって決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段とを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、無線局。

【請求項 2 3】

複数の無線局を経由して受信局に信号を送信する送信局であって、

各前記無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を前記複数の遅延量の中から選択する遅延量選択手段と、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、

前記送信開始タイミングになると、前記信号を前記無線局に送信する送信手段とを備え

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、送信局。

【請求項 2 4】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、前記受信局に前記信号を送信するための方法であって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、

前記送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップと、

前記受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信するステップとを備え、

前記所定の遅延量は、前記受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、方法。

【請求項 2 5】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、前記無線局が信号を送信するための方法であって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、

前記送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップとを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、無線局。

【請求項 26】

送信局が、複数の無線局を経由して受信局に信号を送信するための方法であって、

各前記無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を前記複数の遅延量の中から選択するステップと、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、前記遅延量を選択するステップにおいて選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、

前記送信開始タイミングになると、前記信号を前記無線局に送信するステップとを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の無線伝送装置がデータを送受信する無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局であって、より特定的には、複数の無線伝送装置が、耐マルチパス性を有する伝送方式を用いて、信号を送信する無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局に関する。

【背景技術】

【0002】

無線通信の分野において、マルチパスへの耐性のある変復調方式を用いて、複数の送信局から同時に送信することによって複数の信号経路を人為的に形成し、受信側で複数の受信到来波を合成することでバスダイバーシチによる効果を得て伝送特性の改善を図る手法がある。

【0003】

マルチパスへの耐性のある変復調方式には、たとえば、スペクトル拡散方式や、情報を広い周波数に渡って配置された多数のサブキャリアに分散させて伝送する直交周波数分割多重方式（OFDM；Orthogonal Frequency Division Multiplexing）、伝送シンボル内に位相や振幅の冗長を加えることで耐マルチパス性を発揮させるいわゆる「耐マルチパス変調方式」、例えば、凸状の位相冗長を加えたPSK-VP（Phase Shift Keying with Varied Phase）方式（非特許文献1）、振幅冗長を加えたPSK-RZ（Return to Zero Phase Shift Keying）方式（非特許文献2）などの変調方式に工夫が施されたものや、変調方式は通常であるが、受信側で等化器を用いることで耐マルチパス性を発揮させる方式がある。

【0004】

スペクトル拡散方式には、例えば、元の信号より広い帯域の拡散信号を掛け合わせる直接拡散方式（DSSS；Direct Sequence Spread Spectrum）や、周波数を広い帯域に渡ってホップさせる周波数ホッピング方式（FHSS；Frequency Hopping Spread Spectrum）、帯域の広いインパルスで拡散するタイムホッピング方式（THSS；Time Hopping Spread Spectrum）がある。

【0005】

このような、耐マルチパス性を有する変復調方式を用いてバスダイバーシチによる積極的な効果を発揮するためには、信号の到来時間差の上限と下限について、下記するような条件がある。ここでは、バスダイバーシチによる効果を発揮することができる到来時間差の下限を遅延分解能、上限を遅延上限とする。遅延分解能および遅延上限は、用いられる変復調方式の原理から定まる場合もあり、また、変復調方式のパラメータや実装上の制約から定まる場合もある。

【0006】

例えば、DSSS方式では、遅延分解能は拡散符号の1チップ長に相当し、遅延上限は拡散符号長に相当する。したがって、DSSS方式を用いて通信する場合、到来時間差が1チップ長以上であり、拡散符号長未満であれば、受信側で受信信号を遅延波成分に分離して合成（RAKE受信）し、バスダイバーシチ効果を得ることができる。

【0007】

また、OFDM方式の場合、信号に設定したガード区間で遅延波成分を吸収するために、遅延上限はガード区間の時間長に相当する。遅延波の到来時間差がガード区間以内であればシンボル間干渉が生じない、また、通常、複数のサブキャリアにまたがって誤り訂正

処理を施すので、一部のサブキャリアがマルチパス歪みで誤りを生じていても情報を再現することができる。一方、遅延分解能は、周波数帯域幅の逆数程度に相当する。このように、OFDM方式を用いる場合、ガード区間による効果と、広い周波数帯に渡って情報を散在させて回収することによる周波数ダイバーシチ効果とによってバスダイバーシチによる効果を得ることができる。

【0008】

また、耐マルチパス変調方式のPSK-VP方式やPSK-RZ方式を用いる場合、遅延分解能としては、シンボル長の数分の1程度の時間以上、かつ、遅延上限として1シンボル時間未満であれば、マルチパスが無い環境に比べてバスダイバーシチ効果を発揮して受信特性が改善される。さらに、PSK方式、QAM方式などの通常のシングルキャリア方式でも、受信側でタップ付遅延線を用いた等化器を用いれば、遅延分解能として、シンボル長以上の遅延分解能で、遅延上限としては、タップ数で決まる時間長を上限に、遅延波成分を分離合成してバスダイバーシチ効果を発揮できる。

【0009】

そして、このような耐マルチパス性能を有する変復調方式を用い、バスダイバーシチによる効果を人為的に生じさせて伝送特性を改善させる無線伝送システムの例を以下に示す。

【0010】

特許文献1は、耐マルチパス性を有する変復調方式を用いて通信する無線伝送システムについて記載している。図37は、特許文献1に記載された無線伝送システムのブロック図である。図37では、信号が基地局310から移動局に送信される下り系のみが示されている。図37において、基地局310は、通信エリア（無線ゾーン）300を形成し、エリア内の移動局330とCDMA（Code Division Multiple Access）方式を用いて通信する。

【0011】

基地局310において、無線機311から出力される信号は、送信アンテナ322を介して、中継装置320および移動局330に送信される。中継装置320において、受信アンテナ322によって受信された信号S1は、遅延器324によって遅延されて合成器323に入力される。また、アンテナ321によって受信された信号S2は、合成器323に直接入力される。合成器323は、信号S1およびS2を合成する。合成器322によって合成された信号は、増幅器325によって増幅され、送信アンテナ326を介して移動局330に送信される。

【0012】

移動局330は、RAKE受信機であって、中継装置が遅延を与えた信号、与えなかった信号、および送信局が送信した信号の3つの信号を受信する。中継装置320において、遅延器324は、拡散符号系列の符号時間（チップ長）以上の遅延を信号S1に与えるため、複数信号の間にはチップ長以上の遅延が生じる。そして、受信側ではRAKE受信を行ってバスダイバーシチ効果を得て伝送特性の改善を図る仕組みとなっている。当該無線伝送システムでは、以上のようにして、別の伝送パス・遅延波を人為的に加えることで、バスダイバーシチによる効果を高めて伝送特性の改善を行うことを狙っている。

【特許文献1】特許第2764150号明細書

【特許文献2】特許第2506748号明細書

【非特許文献1】H. タカイ (H. Takai), 「ピーイーアール パフォーマンス オブ アンチマルチパス モジュレーション スキーム ビーエスケー・ブイビー アンド イッツ オプティマム フェーズウェーブフォーム (BER Performance of Anti-Multipath Modulation Scheme PSK-VP and its Optimum Phase-Waveform)」, アイトリプルイー トランス・ブイイーエイチ・テクノロジー (IEEE, Trans. Veh. Technol.), Vol. VT-42, 1993 年11月, p625-640

【非特許文献2】S. アリヤビスタクル (S. Ariyavisitakul), S. ヨシダ (S. Yoshida), F. イケガミ (F. Ikegami), K. タナカ (K. Tanaka), T. タケウチ (T. Takeuchi), 「ア パワーエフィシエント リニア デジタル モジュレータ アンド イッツ アプリケーション トゥー アン アンチマルチパス モジュレーション ビーエスケー・アールゼット スキーム (A Power-efficient linear digital modulator and its application to an anti-multipath modulation PSK-RZ scheme)」, プロシーディングズ・オブ・アイトリブルイー・ピークラー・テクノロジー・カンファレンス・1987 (Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference 1987)、1987年6月、p66-71

【非特許文献3】S. アリヤビスタクル (S. Ariyavisitakul), S. ヨシダ (S. Yoshida), F. イケガミ (F. Ikegami), T. タケウチ (T. Takeuchi), 「ア ノベル アンチマルチパス モジュレーション テクニク ディーエスケー (A Novel Anti-Multipath Modulation Technique DSK)」, アイトリブルイー・トランス・コミュニケーション (IEEE Trans. Communication), Vol. COM-35, No. 12, 1987年12月, p1252-1264

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上述したようなマルチパスへの耐性のある変復調方式において、下記するような事情にて、バスダイバーシチによる効果に寄与する独立なブランチについて、有効となる最大のブランチ数（以下、最大有効ブランチ数）が少数に限られる場合がある。バスダイバーシチ効果に寄与する最大有効ブランチ数は、遅延上限を遅延分解能で除した値以下になるが、遅延上限が遅延分解能に近接すると、これがごく小さな値になる。

【0014】

例えば、最大有効ブランチ数が2の場合、遅延分解能だけ離れた到来遅延を有する2波に、さらに3波目が間の到来遅延に加わると、3波目は元の2波の両方に重畳され、受信機でのバス分解後も共通して残留することとなって、バスダイバーシチにおけるブランチ（枝）間の相関を増し、劣化が生じてしまう。このように、遅延上限が遅延分解能に近接し、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数が少数に限られるような場合においては、遅延を有するバスを付け加えさえすれば良いというわけにはいかないが、特許文献1および2を含め、従来、この問題を解決する方法を提案されている例が見当たらない。

【0015】

遅延上限が遅延分解能に近接し、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数が少数に限られるような場合について、各々の変復調方式に対して、さらに詳述すると以下のようなになる。

【0016】

DSSS方式を用いる場合、遅延上限は拡散符号長に相当するため、拡散符号長が短くなり、遅延分解能に相当する拡散チップ長に近づくと、最大有効ブランチ数が少数になる。例えば、拡散符号長が4チップ長であって、拡散率が4倍、すなわち、1シンボルが4チップの拡散符号で拡散されている場合、遅延分解能は1チップ長以上、遅延上限は4チップ長未満となるため、ブランチ数は高々4つ程度になる。FHSS方式を用いる場合、遅延分解能は拡散帯域幅に相当し、遅延上限は、ホップシーケンス長によって定まる。したがって、拡散帯域幅が狭く、ホップシーケンス長が短い場合、最大有効ブランチ数が少数に限られる。

【0017】

また、T H S S方式を用いる場合、遅延分解能はパルス幅に相当し、遅延上限はパルスシーケンス長によって定まる。したがって、パルス幅が広く、パルスシーケンス長が短い場合、ブランチ数が小数に限られる。同様に、O F D M方式では、遅延分解能はサブキャリアが分散配置された周波数帯域幅に相当し、遅延上限はガード区間長によって定まる。したがって、周波数帯域幅が狭く、ガード区間が短い場合、最大有効ブランチ数が少数に限られる。P S K - V P方式やP S K - R Z方式を用いる場合、原理的に、遅延上限がシンボル長を越えられないため、元々、遅延分解能と遅延上限が近接している。

【0018】

次に、P S K - V P方式を例に、特性評価結果を基に具体的に説明する。

図38は、4相P S K - V P方式（以下、Q P S K - V P方式）の2波ライスモデルにおける、2波の到来時間差に対するビット誤り率特性を示す図である。横軸は到来時間差をシンボル長Tで規格化した値を示し、縦軸はビット誤り率を示している。なお、伝送路は $E_b/N_0 = 25 \text{ dB}$ の2波ライスフェージング環境である。図38より、到来時間差が0.3シンボル長から0.7シンボル長の範囲でバスダイバーシチ効果による積極的な改善が行われて、 10^{-5} 以下の良好なビット誤り率になる。つまり、バスダイバーシチによる積極的な改善効果が得られる遅延分解能は0.2シンボル長程度、遅延上限は0.7シンボル長程度である。

【0019】

図39は、Q P S K - V P方式における2遅延波と3遅延波の場合のビット誤り率特性を示す図であり、図40は、図39における2遅延波と3遅延波の時間関係を示している。なお、各遅延波はライスフェージング波で、3遅延波は、2遅延波の場合にさらに中間の時間位置に3波目を挿入した伝送路モデルである。図39に示すように、受信波が2波である場合に比べ、2波の間に3波目が挿入された場合のビット誤り率が劣化していることがわかる。これは、3波の場合、3波目は、両側の2波に対して分離されず、同じ干渉を与える、あるいは、相関を高めることとなって、劣化を招くことが確認できる。

【0020】

また、等化器を用いる場合、遅延分解能はシンボル長、遅延上限は等化フィルタのタップ長で決まる。したがって、シンボル長に比べ、フィルタタップの時間長が短い場合、同様のケースとなる。なお、等化器においては、タップ数は回路規模を大きく左右するため、回路規模の制約から遅延上限が制限される場合が多い。

【0021】

このように、遅延波成分を分離できる遅延分解能と遅延上限とが有意に接近するような場合、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数が少数に限られるため、不用意に遅延を有するバスを付け加えると、伝送特性の劣化を招いてしまうことが課題となる。

【0022】

それゆえに、本発明の目的は、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数が少数に限られる場合であっても、バスダイバーシチによる効果を最大限に発揮することができる無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0023】

本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムであって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、送信タイミング制御手段によって決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段と、受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信する受信手段とを備え、所定の遅延量は、受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさで

あり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0024】

本発明によれば、無線局の数が、受信局において、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数よりも多い場合であっても、受信局が信号を受信するタイミングの数を最大有効ブランチに等しい数とすることができる。これにより、無線伝送システムの最大有効ブランチ数に制限がある場合においても、最大限のバスダイバーシチ効果を得ることができる。したがって、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0025】

好ましくは、送信タイミング制御手段および送信手段は無線局に設けられ、各無線局が持ち合わせる基準タイミングは予め定められており、各無線局が持ち合わせる基準タイミングは同一のタイミングであるとよい。

【0026】

これにより、各無線局は、同一のタイミングに基づいて信号を遅延させて送信することができる。

【0027】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信局は、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信元信号送信手段を含み、送信タイミング制御手段および送信手段は無線局に設けられ、無線局は、送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段と、中継受信手段によって信号が受信されたタイミングを検出するタイミング検出手段とを含み、送信タイミング制御手段は、タイミング検出手段によって検出されたタイミングを基準タイミングとし、送信手段は、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信してもよい。

【0028】

これにより、各無線局は、共通の基準タイミングを予め保持しておく必要がない。

【0029】

例えば、タイミング検出手段は、信号に含まれるユニークワードを検出してよい。

【0030】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信局は、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信元信号送信手段と、所定の遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、基準タイミングから、遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号を受信局へ送信する再送信開始タイミングとする再送信開始タイミング決定手段と、再送信開始タイミング決定手段によって決定された再送信開始タイミングに、信号を受信局へ送信する再送信信号送信手段とを含み、送信タイミング制御手段および送信手段は、無線局に設けられており、無線局は、送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段を含み、送信手段は、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信してもよい。

【0031】

これにより、無線局のみが信号を送信する場合に比べ、受信局がに到達する到来波の数を増加させることができる。また、例えば、無線伝送システムの最大有効ブランチ数よりも無線局の数が少ない場合に、送信局が信号を再送信することとすれば、バスダイバーシチによる効果をより高めることができる。

【0032】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信局は、無線局が送信する信号に与えるべき遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、遅延量選択手段によって選択された遅延量を信号に付加する遅延量付加手段と、遅延量付加手段によって遅延量が付加された信号を無線局に送信する送信元信号送信手段とを含み、送信タイミング制御手段は、無線局に設けられ、無線局は、送信元信号送信手段に

よって送信された遅延量が付加された信号を受信する中継受信手段と、中継受信手段によって受信された信号から遅延量を抽出する遅延量抽出手段とを含み、送信タイミング制御手段は、遅延量抽出手段によって抽出された遅延量が示す遅延量の分だけ基準タイミングから遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、送信手段は、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信してもよい。

【0033】

これにより、各無線局は、遅延量を予め保持しておく必要がない。さらに、各無線局の遅延量は、均等に分散されることとなるため、効果的に受信タイミングを分散させることができる。

【0034】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信タイミング制御手段および送信手段は、送信局に設けられ、送信局は、各無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の候補値から選択する遅延量選択手段を含み、送信タイミング制御手段は、基準タイミングから遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、送信手段は、送信タイミングに、信号を無線局に送信し、無線局は、送信局から送信されてきた信号を受信する中継受信手段と、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信する中継送信手段とを含んでいてもよい。

【0035】

これにより、送信局が、信号を送信するタイミングを制御するため、各無線局に、信号の送信開始タイミングを制御する手段を設ける必要がない。したがって、無線局の構成を簡易なものとすることができる。

【0036】

また、複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、送信局は、さらに、遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた無線局から送信される信号が受信局に到達するタイミングが等しくなるように遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、遅延量付加手段は、遅延量調整手段によって調整された遅延量を示す遅延信号を生成し、受信手段は、互いに隣接する無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信してもよい。

【0037】

これにより、各無線局と受信局との距離の差が大きい場合においても、受信局が信号を受信するタイミングを最大有効ブランチ数以下とすることができる。したがって、最大有効ブランチ数に制限がある場合であっても、無線局および受信局の間の距離に関わらず、バスダイバーシチによる最大限の効果を得ることができる。

【0038】

また、複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、送信局は、さらに、遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた無線局から送信される信号が受信局に到達するタイミングが等しくなるように遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、送信タイミング制御手段は、基準タイミングから、遅延量調整手段によって調整された遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、受信手段は、互いに隣接する無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信してもよい。

【0039】

これにより、各無線局と受信局との距離の差が大きい場合においても、受信局が信号を受信するタイミングを最大有効ブランチ数以下とすることができる。したがって、最大有効ブランチ数に制限がある場合であっても、無線局および受信局の間の距離に関わらず、バスダイバーシチによる最大限の効果を得ることができる。また、全ての無線局から送信される信号を、受信局に対して干渉を生じさせず、バスダイバーシチによる効果に寄与させることができる。

【0040】

また、無線局は、線状に配置されていてもよい。また、線状に配置された無線局の組が

複数あり、当該線状に配置された無線局の組は、互いに平行になるように配置されているもよい。これにより、より広い通信エリアをカバーすることができる。

【0041】

所定の遅延量の数は、最大有効ブランチ数に等しいこととしてもよく、所定の遅延量の数は、2つであってもよい。

【0042】

また、さらに、複数の候補値から所定の遅延量を選択する遅延量選択手段を備え、遅延量選択手段によって選択されるべき遅延量は予め定められており、送信タイミング制御手段は、遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定してもよい。

【0043】

これにより、無線局に全ての複数の候補値を記憶させておけばよいので、無線局ごとに遅延量を設定する必要がない。したがって、簡易に遅延量を設定することができる。また、無線局は、複数の候補値を保持しているため、選択する遅延量を変更することも容易になる。

【0044】

また、さらに、複数の候補値から所定の遅延量をランダムに選択する遅延量選択手段を備え、送信タイミング制御手段は、遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定してもよい。

【0045】

これにより、無線局に全ての複数の候補値を記憶させておけばよいので、無線局ごとに遅延量を設定する必要がない。

【0046】

一例として、変調方式および復調方式にスペクトル拡散方式を用いてもよいし、変調方式および復調方式に周波数直交多重方式を用いてもよい。

【0047】

他の例として、変調方式にPSK-VP方式を用いてもよい。

【0048】

他の例として、変復調方式にシングルキャリア方式を用い、復調方式に等化器を用いてもよい。

【0049】

また、送信局と無線局とは、無線を介して接続されていてもよく、送信局と無線局とは、有線伝送路を介して接続されていてもよい。

【0050】

また、本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられる無線局であって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、送信タイミング制御手段によって決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段とを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0051】

また、本発明は、複数の無線局を経由して受信局に信号を送信する送信局であって、各無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の遅延量の中から選択する遅延量選択手段と、信号を送信する基準となる基準タイミングから、遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとする

送信タイミング制御手段と、送信開始タイミングになると、信号を無線局に送信する送信手段とを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0052】

また、本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、受信局に信号を送信するための方法であって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップと、受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信するステップとを備え、所定の遅延量は、受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0053】

また、本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、無線局が信号を送信するための方法であって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップとを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0054】

また、本発明は、送信局が、複数の無線局を経由して受信局に信号を送信するための方法であって、各無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の遅延量の中から選択するステップと、信号を送信する基準となる基準タイミングから、遅延量を選択するステップにおいて選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、送信開始タイミングになると、信号を無線局に送信するステップとを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0055】

本発明によれば、バスダイバーシチによる効果を得ることができるブランチの数が少数に限られる場合であっても、最大限のバスダイバーシチ効果を発揮することができる無線通信システムが提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0056】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0057】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図1において、無線伝送システムは、複数の無線局11と、受信局12とを備える。各無線局11と、受信局12とは無線で接続されている。本実施形態において、無線伝送システムが備える無線局11は4つである。この4つの無線局11を区別する必要がある場合、それぞれ無線局A～Dと呼ぶ。また、4つの無線局A～Dを特に区別する必要がない場合、無線局11と総称する。

【0058】

各無線局11は、受信局12に送信するための送信データと、送信データを送信するための基準のタイミング(以下、基準タイミングと呼ぶ)を示す基準タイミング信号とを保持している。各無線局11が持ち合わせる送信データおよび基準タイミング信号は、全ての無線局11に共通のものである。

【0059】

また、無線局A～Dは、それぞれ遅延量 $t_A \sim t_D$ を保持している。遅延量 $t_A \sim t_D$ は、遅延量の候補値T1またはT2のいずれかに等しい値である。無線局A～Dは、基準タイミング信号が示す基準タイミングに遅延量 $t_A \sim t_D$ を与えてデータを送信する。

【0060】

受信局12は、無線局A～Dから送信されてきた4つの信号を受信する。

【0061】

図2は、図1に示す無線局11の構成を示すブロック図である。無線局11は、変調部21と、データ保持部22と、送信タイミング制御部23と、RF部24と、アンテナ25とを含む。

【0062】

送信タイミング制御部23は、基準タイミング信号と、予め定められている遅延量とに基づいて、受信局12に送信する信号の送信タイミングを制御する。具体的には、送信タイミング制御部23は、基準タイミング信号が示す基準タイミングから遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとする。そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになると、送信開始を指示するための送信開始信号を生成して変調部21に渡す。

【0063】

データ保持部22は、変調部21の要求に応じて、予め保持している送信データを読み出して変調部21に渡す。

【0064】

図3は、PSSK-VP方式を用いる場合における変調部21の構成を示すブロック図である。図3において、変調部21は、読み出し制御部41と、波形出力部42と、D/A変換器43とを有する。

【0065】

読み出し制御部41は、ベースクロックで動作するカウンタで構成されている。読み出し制御部41は、送信開始信号を受け取ると、カウンタ値に基づいて、送信パケットデータを読み出すためのデータ読み出しクロックと、変調波形のデータを読み出すためのアドレスを示すアドレス信号とを生成する。読み出し制御部41は、生成したデータ読み出しクロックをデータ保持部22に渡し、アドレス信号を波形出力部42に渡す。

【0066】

データ保持部22は、受け取ったデータ読み出しクロックに同期して、送信データを読み出して変調部21の読み出し制御部41に渡す。

【0067】

波形出力部42は、受け取ったアドレス信号に基づいて送信データに応じた変調波形の

データを波形メモリ（図示せず）から読み出す。

【0068】

D/A変換器43は、波形出力部42から得られる信号をアナログ信号に変換し、変調ベースバンド信号として出力する。

【0069】

以上のように、変調部21は、送信開始信号を受け取ると、変調波形を波形メモリから読み出すためのアドレス信号を生成する。これにより、変調ベースバンド信号を出力するタイミングは、送信開始信号を受け取ったタイミングに応じてベースクロック単位で変化する。また、ベースクロックは、通常、シンボル周波数（シンボル長の逆数）の数倍から十数倍の周波数が用いられることが多い。したがって、シンボル長の数分の1から十数分の1の単位で、変調ベースバンド信号を出力するタイミングを調整することができる。

【0070】

なお、図3では、PSK-VP方式を用いる場合について説明したが、他の変調方式（例えば、PSK-RZ方式やDSK方式）を用いて信号を変調する場合、波形メモリに格納する変調波形のデータを変更すればよい。

【0071】

変調部21は、送信開始信号を受け取ると、送信データを変調して変調ベースバンド信号に変換する。RF部24は、変調ベースバンド信号をRF帯に周波数変換し、アンテナ25から送信する。

【0072】

図4は、図1に示す受信局12の構成を示すブロック図である。図4において、受信局12は、アンテナ31と、RF部32と、復調部33とを有する。

【0073】

RF部32は、アンテナ31が受信したRF帯の受信信号を受信ベースバンド信号に変換する。復調部33は、RF部32によって変換された受信ベースバンド信号を復調し、受信データを得る。

【0074】

図5は、PSK-VP方式を用いる場合における復調部33の構成を示すブロック図である。復調部33は、検波部51と、検波後フィルタ52と、データ判定部53とを含む。

【0075】

検波部51は、受信局12のRF部32から出力される受信ベースバンド信号を検波する。検波後フィルタ52は、検波信号を低域ろ過する。データ判定部53は、検波後フィルタ52から出力される信号を判定し、復調データを得る。

【0076】

図6は、以上のように構成される無線局11の動作を示すフローチャートである。まず、無線局11において、データ保持部22は、送信データを保存する（ステップS501）。送信タイミング制御部23は、基準タイミングから所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとする（ステップS502）。

【0077】

そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになったか否かを判断し（ステップS503）、送信開始タイミングになると、送信開始信号を生成して変調部21に渡す。送信データは、変調部21によって変調された後、RF部24およびアンテナ25を経由して受信局12に送信される（ステップS504）。

【0078】

次に、各無線局が保持する遅延量T1およびT2を決定する方法について説明する。変調方式に固有であり、バスダイバシティを効果的に得ることができる遅延量差 t_r は、 $T_{min} \leq t_r \leq T_{max}$ を満たさなければならない。例えば、QPSK-VP方式を用いて通信する場合について説明する。従来技術の欄で説明したように、図38には、QPSK-VP方式のビット誤り率特性が示されている。

【0079】

図38で説明したように、ビット誤り率が最良となる遅延分解能(T_{min})は0.3シンボル長程度、遅延上限(T_{max})は0.7シンボル長程度である。ここで、最大有効ブランチ数は、 $0.7/0.3 \div 2$ と求められる。ここで、受信局12が、3つの到来波を到来時間について制約なしに受信しようとする、最大有効ブランチ数を超えて、図39で示したように伝送特性の劣化が生じうる。

【0080】

図7は、無線局A~Dが信号を送信するタイミングを示す図である。前述したように、無線局A~Dが保持する遅延量 $t_A \sim t_D$ は、 T_1 または T_2 の2種類である。また、 T_1 および T_2 は、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たす値である。図7に示すように、4つの無線局A~Dは、基準タイミング T_0 に遅延量 T_1 または T_2 を与えたタイミング、つまり $(T_1 + T_0)$ または $(T_2 + T_0)$ のいずれかのタイミングで信号を送信する。無線局A~Dが信号に与える遅延量 $t_A \sim t_D$ は、例えば、 $t_A = t_C = T_1$ 、 $t_B = t_D = T_2$ となるように設定される。

【0081】

なお、本実施形態において、無線局A~Dと受信局12との間の伝搬時間 $a_A \sim a_D$ は、無視できるほどに小さいか、または全て同じであるものとする。図7では、伝搬時間 $a_A \sim a_D$ を、 α とおいている。

【0082】

受信局12は、タイミング $(T_1 + \alpha + T_0)$ とタイミング $(T_2 + \alpha + T_0)$ の2つのタイミングで、無線局A~Dから送信されてくる信号を受信する。この2つのタイミングは、 $(T_2 - T_1)$ の時間差がある。したがって、バスダイバーシチによる効果を発揮して、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0083】

以上のように、本実施形態によれば、無線局の数が、受信局が受信可能な最大有効ブランチ数よりも多い場合であっても、受信局が信号を受信するタイミングの数を最大有効ブランチに等しい数とすることができる。これにより、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数に制限がある場合においても、バスダイバーシチによる効果を最大限に得ることができる。したがって、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0084】

なお、本実施形態では、無線局が4つである場合について説明した。ここで、2つの送信タイミングに分類される無線局の数は、同数程度であることが好ましい。例えば、無線局の数が5つである場合、遅延量 T_1 を保持する無線局が2つ、遅延量 T_2 を保持する無線局が3つ、というように設定すればよい。

【0085】

また、本実施形態では、4つの無線局は、予め遅延量 T_1 または T_2 のいずれかを保持していた。ここで、各無線局は、遅延量 T_1 および T_2 の双方を保持していることとしてもよい。このとき、選択する遅延量は常に同一であってもよく、また、ランダムに選択されてもよい。さらに、遅延量の候補値 T_1 、 T_2 は、 $T_2 - T_1 = (T_{min} + T_{max})/2$ をさらに満たすように設定することが好ましい。これにより、受信局は、許容される到来時間差の範囲内において、信号を受信することができる。

【0086】

また、各無線局が共有する基準タイミング信号は、無線局以外の局(例えば、親局や送信局)から受信するビーコン信号に基づくタイミングであってもよいし、GPS(Global Positioning System)信号に含まれる時間情報や、電波時計から得られる時間タイミングなどであってもよい。

【0087】

また、本実施形態では、無線局および受信局は、QPSK-VP方式を用いて通信していた。ここで、変調方式として、非特許文献2に記載されているPSK-RZ方式や、非

特許文献3に記載されている、遅延上限が0.5シンボル長程度のDSK方式を用いて通信することとしてもよい。この場合においても、第1の実施形態と同様に、変調方式に応じて決まる T_{min} 、 T_{max} をもとに、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように T_1 および T_2 を設定すればよい。

【0088】

さらに、変調方式としてOFDM方式を用いる場合も、本発明による無線伝送システムと同様の効果を得ることができる。

【0089】

図8は、OFDM方式を用いて通信する場合における変調部21aの構成を示すブロック図である。図8において、変調部21aは、読み出し制御部61と、符号化部62と、インタリーブ部63と、多値変調マッピング部64と、変調開始信号生成部65と、時間領域変換部66と、ガードインターバル付加部67と、プリアンブル付加部68と、D/A変換部69とを有する。

【0090】

読み出し制御部61の動作は、図3に示す読み出し制御部41の動作と同様である。読み出し制御部61は、生成した読み出しクロックをデータ保持部22に出力して送信データを受け取り、これを符号化部62へ出力する。

【0091】

符号化部62は、例えば、畳み込み符号を用いて、誤り訂正のための符号化を行う。インタリーブ部63は、符号化部62によって符号化された信号にインタリーブ処理を施す。多値変調マッピング部64は、インタリーブ処理が施された信号に、PSKやQAMなどのデジタル変調方式によるシンボルマッピングを行い、周波数領域信号を生成する。

【0092】

変換開始信号生成部65は、送信タイミング制御部23から送信開始信号を受け取ると、周波数領域信号を時間領域信号に変換するタイミングを示す変換開始信号を生成して時間領域変換部66に渡す。

【0093】

時間領域変換部66は、受信側の変換開始信号を受け取ると、周波数領域信号を時間領域信号に変換してOFDM信号とする。ガードインターバル付加部67は、OFDMのシンボルごとにガードインターバルを付加して、OFDM変調した信号を出力する。

【0094】

プリアンブル付加部68は、同期処理に用いるためのプリアンブルを信号に付加する。D/A変換部69は、プリアンブルが付加されたデジタルのOFDM信号をアナログ信号に変換し、変調ベースバンド信号として出力する。

【0095】

図9は、図8に示す変調部21aの主要部において生成される信号および送信開始信号のタイミングを示す図である。

【0096】

変調部21aにおいて、変換開始信号生成部65は、送信タイミング制御部23から送信開始信号を受け取ると、変換開始信号を生成する。時間領域変換部66は、変換開始信号が示すタイミングに従って、周波数領域信号を時間領域信号に変換してOFDMシンボルを生成する。このように、変調部21aは、送信開始信号を受け取ると、送信データを変調する。

【0097】

図10は、OFDM方式を用いて通信する場合における復調部33aの構成を示すブロック図である。図10において、復調部33aは、同期回路部71と、ガードインターバル除去部72と、周波数領域変換部73と、多値変調デマッピング部74と、デインタリーブ部75と、誤り訂正部76とを有する。

【0098】

同期回路部71は、OFDMシンボルに対するシンボル同期信号を生成し、復調部33

aが有する他の部に出力する。シンボル同期信号は、各部における内部処理用のタイミングに用いられる。ガードインターバル除去部72は、受信ベースバンド信号から各OFDMシンボルに含まれるガード区間を除去する。

【0099】

周波数領域変換部73は、時間領域信号を周波数領域信号に変換する。多値変調デマッピング部74は、周波数領域信号から多値変調のコンスタレーション上のデマッピング処理を行って判定データを得る。デインタリーブ部75は、判定データにデインタリーブ処理を施す。誤り訂正部76は、デインタリーブ処理されたデータに誤り訂正処理を施して、受信データを得る。例えば、誤り訂正処理に畳み込み符号が用いられている場合、ビット復号処理が行われる。

【0100】

OFDM方式では、到来時間差がガード区間以内であればシンボル間干渉を起こさず、誤りを生じない。さらに、通常、複数キャリアにまたがって誤り訂正が行われる。したがって、スペクトル全体が落ち込むようなフラットフェージングより、スペクトルに複数のノッチが生じるような周波数選択性フェージングの方が、バスダイバシティ効果を発揮する。また、OFDM方式では、遅延分解能 T_{min} は周波数帯域幅の逆数に相当し、遅延上限 T_{max} は、ガード区間長に相当する。したがって、図8に示す変調部21aと、図10に示す復調部33aとを用いる場合、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように、遅延量の候補値 T_1 および T_2 を設定すればよい。

【0101】

さらに、変調方式にシングルキャリア方式を用い、復調方式に伝送路歪を補償する等化器を用いた場合も、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。このときの変調部の構成は、PSK方式の変調部21の構成において、波形メモリに格納されている変調波形のみが異なるため、図3を援用する。

【0102】

図11は、シングルキャリア方式を用いて通信する場合における復調部33bの構成を示すブロック図である。図11において、復調部33bは、検波部91と、等化器92と、シンボル同期部93と、データ判定部94とを有する。等化器92は、トランスバーサルフィルタ95と、誤差検出部97と、係数更新部96とからなる。

【0103】

検波部91は、受信ベースバンド信号を検波する。等化器92において、トランスバーサルフィルタ95は、係数更新部96から出力されるフィルタ係数に従って受信ベースバンド信号を等化し、等化信号として出力する。誤差検出部97は、等化信号と、復調データとの誤差を検出する。係数更新部96は、誤差検出部97によって検出された誤差に基づいて、トランスバーサルフィルタのフィルタ係数を更新する。

【0104】

シンボル同期部93は、トランスバーサルフィルタ95から出力された信号をクロック再生することによって、シンボルタイミングを再生する。データ判定部94は、シンボルタイミングに従って等化後の信号をサンプリングし、復調データを得る。

【0105】

等化器を用いる場合、遅延分解能 T_{min} は、シンボル長に相当し、遅延上限 T_{max} は、タップ数で決まる時間長に相当する。したがって、図3に示す変調部21と、図11に示す復調部33bを用いる場合、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように、遅延量の候補値 T_1 および T_2 を設定すればよい。

【0106】

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、PSK-VP方式を用いて通信する場合について説明したが、第2の実施形態では、DSSS方式を用いて通信する場合について説明する。第2の実施形態に係る無線伝送システムは、第1の実施形態と比較すると、変調部および復調部の構成が異なるが、その他の構成は第1の実施形態と同様であるため、図1を援用するが、無線

伝送システムが備える無線局の数が5つであるものとして説明する。また、5つ目の無線局を無線局A～Dと区別するために無線局Eと呼ぶ。

【0107】

図12は、DSSS方式を用いて通信する場合における変調部21cの構成を示すブロック図である。図12において、変調部21cは、1次変調部101と、2次変調部102とを有する。1次変調部101は、読み出し制御部104と波形出力部105とからなる。2次変調部102は、拡散符号制御部106と、乗算器107とからなる。

【0108】

1次変調部101において読み出し制御部104は、送信開始信号が発生したことを受けてから、読み出しクロックを生成し、生成した読み出しクロックをデータ保持部22に出力して送信データを受け取り、送信データに基づいたアドレス信号を波形出力部105に渡す。波形出力部105は、予め変調波形のデータを波形メモリに格納しておいて、アドレス信号に応じた変調波形のデータを読み出し、1次変調信号として出力する。

【0109】

2次変調部102において、拡散符号制御部106は、送信開始信号を受け取ると、拡散信号を乗算器107に出力する。乗算器107は、1次変調信号を拡散信号で拡散する。D/A変換器108は、拡散されたデジタル信号をアナログ信号に変換し、変調ベースバンド信号として出力する。以上のように、変調部21cは、送信開始信号を受け取ると、信号の拡散変調を開始する。これにより、データに所定の遅延量を与えて送信することができる。なお、本実施形態では、4チップ長の拡散符号を用いる場合を例に説明する。

【0110】

図13は、DSSS方式を用いて通信する場合における復調部33cの構成を示すブロック図である。図13において、復調部33cは、2つのフィンガー111-1～111-2と、合成部112と、符号判定部113とを有する。フィンガー111-1～111-2は、相関器114-1～114-2と、検波器115-1～115-2と、振幅位相検出部116-1～116-2とからなる。

【0111】

相関器114-1～114-2は、受信した拡散信号を逆拡散し、逆拡散信号を生成する。検波器115-1～115-2は、逆拡散信号を検波し、検波信号を生成する。振幅位相検出部116-1～116-2は、検波信号から振幅と位相とを検出し、それぞれ振幅情報および位相情報として出力する。

【0112】

合成部112は、2系統の検波信号をそれぞれの振幅情報と位相情報をもとに合成し、合成信号を生成する。符号判定部113は、合成信号を符号判定して受信データを得る。

【0113】

ここで、バスダイバーシチを効果的に得ることができる遅延量の下限 T_{min} と上限 T_{max} とは、拡散符号長が4チップ長の場合、チップ長を T_c とすると、 $T_{min}=T_c$ 、 $T_{max}=4 \times T_c$ となる。したがって、バスダイバーシチが得られる最大の有効ブランチ数は高々4つ程度である。一般的に、受信局に設けるフィンガーの数を増やすことによって、ダイバーシチ効果を向上させることができるが、回路規模が増大してしまう。ここでは、復調部33cが、フィンガーの数が2つである場合（2フィンガー）を例に説明する。

【0114】

また、送信タイミング制御部23の動作は、第1の実施形態と同様である。例えば、無線局A～Eの遅延量が、 $t_A=t_C=t_E=T_1$ 、 $t_B=t_D=T_2$ に設定されている場合、受信局12は、タイミング($T_1+\alpha+T_0$)または($T_2+\alpha+T_0$)のいずれかタイミングで信号を受信する。この2つの受信タイミングは、(T_2-T_1)の時間差がある。

【0115】

これにより、受信局 1 2 が、3 つ以上の無線局から送信される信号を受信する場合であっても、受信タイミングは 2 つに集約される。また、2 つの受信タイミングの時間差は、受信局 1 2 が到来波を分離することができる時間差である。したがって、すべての無線局からの信号について、2 つのフィンガーで非相関的な検波出力を得ることができるため、受信局でのバスダイバーシチによる効果を最大限に発揮して伝送特性を改善することができる。

【0116】

さらに、候補値の数を、最大有効ブランチと同数の 4 つにして、 $T_1 = T_c$ 、 $T_2 = 2T_c$ 、 $T_3 = 3T_c$ 、 $T_4 = 4T_c$ として、 $t_A = t_E = T_1$ 、 $t_B = T_2$ 、 $t_C = T_3$ 、 $t_D = T_4$ の遅延量を与えて送信してもよい。これにより、複数の送信局からの信号のいずれかが遮断されてしまうような受信環境下においても、候補値が 2 つの場合と比べてより高い確率で、受信局が到来時間の異なる遅延波を受信することができる。具体的には、候補値が 2 つの場合（ $t_A = t_E = T_1$ 、 $t_B = T_2$ 、 $t_C = T_1$ 、 $t_D = T_2$ ）、無線局 B および D からの信号が遮断されると、受信局における受信タイミングが 1 つになってしまう。しかしながら、候補値が 4 つ（ $t_A = t_E = T_1$ 、 $t_B = T_2$ 、 $t_C = T_3$ 、 $t_D = T_4$ ）であれば、無線局 A、C および E からの信号を、チップ時間差以上、かつ 2 つの受信タイミングで受信することができる。

【0117】

以上のように、本実施形態によれば、DSSS 方式を用いて通信する場合においても、受信局が信号を受信するタイミングの数を、最大有効ブランチ数以下にすることができ、受信タイミングの時間差についても、遅延分解能以上かつ遅延上限以下で受信できるため、バスダイバーシチによる効果を最大限に発揮することができる。

【0118】

以下、本発明に係る無線伝送システムを、さまざまな伝送形態で示す。変調方式には、QPSK-VP 方式を用いる場合を例に説明する。なお、バスダイバーシチを効果的に発揮する遅延量 t_r は、 $T_{min} \leq t_r \leq T_{max}$ を満たすものとする。

【0119】

（第 3 の実施形態）

第 3 の実施形態に係る無線伝送システムは、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局をさらに備える点で、第 1 の実施形態に係る無線伝送システムと相違する。

【0120】

図 1 4 は、本発明の第 3 の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図 1 4 において、無線伝送システムは、送信局 1 3 と、複数の無線局 1 4 と、受信局 1 2 とを備える。送信局 1 3 と、複数の無線局 1 4 とは、無線で接続されており、複数の無線局 1 4 と受信局 1 2 とは、送信局 1 3 および無線局 1 4 と同様に、無線で接続されている。また、送信局 1 2 の構成は、図 2 に示す無線局 1 1 の構成から送信タイミング制御部 2 3 を除いた構成である。また、受信局 1 2 の構成も、図 1 に示す受信局 1 2 の構成と同様であるため、説明を省略する。

【0121】

本実施形態において、無線伝送システムは、4 つの無線局 1 4 を備える。ここで、第 1 の実施形態と同様に、4 つの無線局を区別する場合には、無線局 A 1 ~ D 1 と呼ぶ。また、無線局 A 1 ~ D 1 を特に区別する必要がない場合には、無線局 1 4 と総称する。

【0122】

図 1 5 は、送信局 1 3 および無線局 1 4 が送信する信号に用いられるフレームの構成を示す図である。図 1 5 において、フレームは、プリアンブル（以下、PR と呼ぶ）と、ユニークワード（以下、UW と呼ぶ）と、情報データとから構成される。PR は、利得制御やシンボル同期、周波数同期などのために用いられる。UW は、フレーム種別の判定やフレーム同期に用いられる。情報データは、送信側が送ろうとするデータを含む。

【0123】

図 1 6 は、図 1 4 に示す無線局 1 4 の構成を示すブロック図である。図 1 6 に示す無線

局 1 4 の構成は、図 1 に示す、第 1 の実施形態に係る無線局 1 1 の構成に、さらに、復調部 2 6、UW 検出部 2 7 および遅延量設定部 2 8 とを含む。また、図 1 と同様の構成要素には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0 1 2 4】

送信局 1 3 が送信した送信信号は、無線局 1 4 のアンテナ 2 5 で受信され、RF 部 2 4 で周波数変換された後、復調部 2 6 に入力される。復調部 2 6 は、入力された信号を復調して送信データを得る。

【0 1 2 5】

UW 検出部 2 7 は、復調部 2 6 から出力される送信データに含まれる UW を検出すると、UW 検出信号を生成して送信タイミング制御部 2 3 に渡す。

【0 1 2 6】

遅延量設定部 2 8 は、複数の遅延量の候補値から遅延量を選択し、送信タイミング制御部 2 3 に渡す。以下、遅延量の候補値は、T 1 および T 2 の 2 種類であるものとして説明する。遅延量設定部 2 8 は、T 1 および T 2 から遅延量を選択するが、いずれの値を選択するかは、無線局ごとに予め設定されている。

【0 1 2 7】

送信タイミング制御部 2 3 は、UW 検出信号を受け取ったタイミングを基準タイミングとする。なお、UW 検出信号を受け取ってから所定の時間が経過したタイミングを基準タイミングとしてもよい。送信タイミング制御部 2 3 は、基準タイミングと、遅延量設定部 2 8 によって設定された遅延量とに基づいて、変調信号の送信タイミングを制御する。基準タイミングと遅延量とから、送信タイミングを決定する方法は、第 1 の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0 1 2 8】

図 1 7 は、以上のように構成された無線局 1 4 の動作を示すフローチャートである。まず、無線局 1 4 は、送信局 1 3 から送信されてきた信号を受信したか否かを判断する（ステップ S 6 0 1）。信号を受信した場合、復調部 2 6 は、RF 部 2 4 から出力される信号を復調し、復調データとする（ステップ S 6 0 2）。データ保持部 2 2 は、復調部 2 6 によって復調されたデータを送信データとして保存する。

【0 1 2 9】

UW 検出部 2 7 は、復調データから UW を検出し、UW 検出信号を生成して送信タイミング制御部 2 3 に渡す。送信タイミング制御部 2 3 は、UW 検出信号を受け取ったタイミングを基準タイミングとし（ステップ S 6 0 3）、当該基準タイミングと遅延量とに基づいて、送信開始タイミングを決定する（ステップ S 6 0 4）。

【0 1 3 0】

そして、送信タイミング制御部 2 3 は、送信開始タイミングになると（ステップ S 6 0 5 で Yes）、変調部 2 1 に送信開始信号を渡す。送信データは、変調部 2 1 によって変調された後、RF 部 2 4 およびアンテナ 2 5 を経由して受信局 1 2 に送信される（ステップ S 6 0 6）。

【0 1 3 1】

図 1 8 は、無線局 A 1 ~ D 1 が信号 A 1 ~ D 1 を送信するタイミングを示す図である。まず、送信局 1 3 は、所定のタイミング T s に周辺の無線局 A 1 ~ D 1 に信号を送信する。無線局 A 1 ~ D 1 が送信局 1 3 からの信号を受信するタイミングは、

無線局 A 1 : $T_s + a1A$

無線局 B 1 : $T_s + a1B$

無線局 C 1 : $T_s + a1C$

無線局 D 1 : $T_s + a1D$

である。なお、 $a1A \sim a1D$ は、送信局 1 3 と無線局 A 1 ~ D 1 との間の伝搬時間である。

【0 1 3 2】

ここで、伝搬時間 $a1A \sim a1D$ は、無視できるほどに小さいか、または全て同じであ

るものとして説明する。また、伝搬時間 $a1A \sim a1D$ と、無線局 $A1 \sim D1$ において UW 検出信号が出力されるまでの時間とを合わせて $\alpha 1$ とおく。したがって、無線局 $A1 \sim D1$ において、 UW 検出信号が発生するタイミングは全て等しいタイミング ($Ts + \alpha 1$) となる。

【0133】

次に、無線局 $A1 \sim D1$ は、 UW 検出信号が示す UW 検出タイミング ($Ts + \alpha 1$) を基準タイミング $t0$ とする。そして、無線局 $A1 \sim D1$ は、基準タイミング $t0$ に対して、遅延量 $tA \sim tD$ を信号に与えて送信する。例えば、無線局 $A1$ は、基準タイミング $t0$ から tA 時間後に信号を送信する。ここで、無線局 $A1 \sim D1$ の送信タイミングを2つに分散させるために、第1の実施形態と同様に、遅延量 $tA \sim tD$ は、遅延量の候補値 $T1$ または $T2$ から選択される。 $T1$ と $T2$ は、 $Tmin \leq T2 - T1 \leq Tmax$ を満たすように設定される。

【0134】

ここでは、一例として、 $tA = tC = T1$ 、 $tB = tD = T2$ である場合について説明する。無線局 $A1 \sim D1$ は、タイミング ($T1 + \alpha 1 + Ts$)、またはタイミング ($T2 + \alpha 1 + Ts$) のいずれかのタイミングで信号を送信する。

【0135】

受信局12は、無線局 $A1 \sim D1$ から送信されてくる信号 $A1 \sim D1$ を受信する。ここで、無線局 $A1 \sim D1$ と受信局12との間の伝搬時間 $a2A \sim a2D$ は、無視できるほどに小さいか、すべて同じであるとし、これを $\alpha 2$ とおく。したがって、受信局12が信号 $A1 \sim D1$ を受信するタイミングは、タイミング ($T1 + \alpha 2 + \alpha 1 + Ts$) とタイミング ($T2 + \alpha 2 + \alpha 1 + Ts$) となる。また、この2つのタイミングは、($T2 - T1$) の時間差がある。これにより、バスダイバーシチによる効果を発揮することができる。したがって、伝送特性を改善することができる。

【0136】

以上のように、本実施形態によれば、送信局から送信された信号が、複数の無線局を経由して受信局へ送信される際に、無線局において所定の遅延量が与えられる。これにより、受信局が到来波を受信する受信タイミングの数を、最大有効ブランチ数に等しい数とすることができる。また、無線局は、 UW を検出したタイミングを基準タイミングとする。これにより、予め基準タイミング信号を保持しておく必要がない。

【0137】

なお、本実施形態では、基準タイミング信号に UW 検出信号を用いたが、送信局から信号を受信したことを示す信号であればよく、さらには、フレームの受信を完了したタイミング信号を用いてもよい。例えば、送信データが正しく受信されたかを調べるための CR C ($Cyclic Redundancy Check$) 符号がフレームの最後尾に付加される場合は、この符号による判定出力信号を用いてもよい。これによれば、送信局からの信号が無線局で受信誤りと判定された場合は、受信局へ信号を送信しないようにすることができるため、結果として、受信局は正しい送信データの信号のみを受信することができる。

【0138】

(第4の実施形態)

第4の実施形態に係る無線伝送システムは、送信局が同一の信号を2回送信する点で、第3の実施形態と相違する。

【0139】

図19は、本発明の第4の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。無線局14 (無線局 $A1 \sim D1$)、および受信局12の構成は、第3の実施形態と同様であるため、図14と同一の符号を付し、説明を省略する。また、送信局15および無線局14が送信する信号のフレーム構成は、第3の実施形態と同様であるため、図15を援用する。また、無線局14および受信局12の動作は、第3の実施形態と同様であるため、以下、送信局の動作を中心に説明する。

【0140】

送信局15は、保持している送信データを2回送信する。送信局15は、1回目に送信する信号を無線局14に送信し、2回目に送信する信号を受信局12に送信する。そして、送信局15は、2回目に送信する信号が、複数の無線局14が送信した信号のいずれかと、受信局12に到達するタイミングが等しくなるように、信号に所定の遅延量を与えて送信する。

【0141】

図20は、図19に示す送信局15の構成を示すブロック図である。図19において、送信局15は、再送信タイミング制御部151と、変調部152と、RF部153と、アンテナ154と、遅延量設定部155と、データ保持部156とを含む。

【0142】

変調部152、RF部153、アンテナ154およびデータ保持部156の構成は、図16に示す無線局14と同様であるため、説明を省略する。

【0143】

遅延量設定部155は、複数の遅延量の候補値から遅延量を選択し、再送信タイミング制御部151に渡す。また、遅延量の候補値は、T1およびT2の2種類であるものとして説明する。

【0144】

再送信タイミング制御部151は、いったん信号が送信された後、同一の信号を2回目に送信する際の再送信タイミングを制御する。再送信タイミング制御部151は、基準タイミング信号が示す基準タイミングと、遅延量設定部155から受け取った遅延量とに基づいて、再送信開始タイミングを決定する。なお、これは、送信局15および無線局14間の伝搬時間が無視できる程度に小さい場合における、再送信開始タイミングの算出方法である。送信局15および無線局14間の伝搬時間が大きい場合、基準タイミングに、遅延量と伝搬時間とを加算したタイミングを再送信開始タイミングとすればよい。そして、再送信タイミング制御部151は、再送信開始タイミングになると、再送信開始信号を生成して変調部152に渡す。

【0145】

図21は、以上のように構成される送信局15の動作を示すフローチャートである。まず、送信局15は、データを変調して無線局14に送信する（ステップS701）。そして、送信局15において、再送信タイミング制御部151は、基準タイミングと遅延量設定部155とに基づいて再送信開始タイミングを決定する（ステップS702）。具体的には、再送信タイミング制御部151は、基準タイミングから、遅延量設定部155によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを再送信開始タイミングとする。

【0146】

そして、再送信タイミング制御部151は、再送信開始タイミングになったか否かを判断し（ステップS703）、再送信開始タイミングになると、再送信開始信号を生成して変調部152に渡す。送信データは、変調部152によって変調された後、RF部153およびアンテナ154を経由して受信局12に送信される（ステップS704）。

【0147】

図22は、本実施形態において、送信局15および無線局A1～D1が送信する信号のタイミングを示す図である。図21は、図19に示す無線局A1～D1が送信する変調信号のタイミングに加え、送信局15が送信する信号のタイミングが示されている。

【0148】

まず、送信局15が、所定のタイミングTsに信号を送信すると、無線局A1～D1が送信局15からの信号を受信するタイミングは、

無線局A1： $T_s + a1A$
無線局B1： $T_s + a1B$
無線局C1： $T_s + a1C$
無線局D1： $T_s + a1D$

である。ここで、送信局 15 と無線局 A 1 ~ D 1 との間の伝搬時間 $a 1 A \sim a 1 D$ は、無視できるほどに小さいか、またはすべて同じであるものとして説明する。また、伝搬時間 $a 1 A \sim a 1 D$ と、無線局 A 1 ~ D 1 において UW 検出信号が出力されるまでの時間とを合わせて $\alpha 1$ とおく。したがって、無線局 A 1 ~ D 1 において、送信局 15 から送信されてきた信号を受信する受信タイミングは $(T s + \alpha 1)$ と表される。そして、無線局 A 1 ~ D 1 は、受信タイミング $(T s + \alpha 1)$ を基準タイミング $t 0$ として、それぞれ $t A \sim t D$ の遅延量を信号に与えて送信する。

【0149】

無線局 A 1 ~ D 1 が、 $t A = t C = T 1$ 、 $t B = t D = T 2$ の遅延量を信号 A 1 ~ D 1 に与えた場合、無線局 A 1 および C 1 は、タイミング $(T 1 + \alpha 1 + T s)$ で信号 A 1 および C 1 を送信する。一方、無線局 B 1 および D 1 は、タイミング $(T 2 + \alpha 1 + T s)$ で信号 B 1 および D 1 を送信する。なお、無線局 A 1 ~ D 1 と受信局 12 との間の伝搬時間 $a 2 A \sim a 2 D$ は、無視できるほどに小さいか、または、すべて同じであるものとして、これを $\alpha 2$ とおく。

【0150】

また、送信局 15 は、基準タイミング $T s$ に基づいて、遅延量 $t 0$ を与えて信号を送信する。このとき、送信局 15 は、信号を再送信する。送信局 15 は、遅延量を与えて信号を送信する際、遅延量の候補値 $T 1$ または $T 2$ から選択した遅延量を $t 0$ とする。図 21 では、送信局 15 は、遅延量の候補値から $T 1$ を選択し、 $t 0 = T 1$ の遅延量を与えて信号を受信局 12 に送信している。

【0151】

受信局 12 は、無線局 14 および送信局 15 から送信されてきた信号を受信する。受信局 12 がこれらの 5 つの信号を受信するタイミングは、タイミング $(T 1 + \alpha 2 + \alpha 1 + T s)$ とタイミング $(T 2 + \alpha 2 + \alpha 1 + T s)$ の 2 つである。この 2 つのタイミングは、 $(T 2 - T 1)$ の時間差がある。したがって、受信タイミングが最大有効ブランチ数と同じ 2 つになり、バスダイバーシチによる効果を発揮することができる。したがって、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0152】

以上のように、本実施形態によれば、送信局が無線局に信号を送信した後、同一の信号に所定の遅延量を与えて受信局へ送信する。これにより、受信局が受信する信号の数が増加するため、信号の受信レベルを安定させることができる。また、送信局が 2 回目に送信する信号は、複数の無線局 14 が送信した信号のいずれかと、受信局 12 に到達するタイミングが等しくなる。したがって、受信タイミングの数を最大有効ブランチ数以下にして、バスダイバーシチによる効果を最大限に発揮することができる。

【0153】

なお、第 3 および第 4 の実施形態において、送信局が、遅延量の候補値 $T 1$ または $T 2$ のいずれを選択するかは、予め定められていたが、各無線局自身が遅延量の候補値からランダムに選択し、遅延量を決定しておいてもよい。

【0154】

また、第 3 および第 4 の実施形態において、各無線局の基準タイミング $t 0$ は、各無線局 11 が送信局からの信号を受信したタイミングとしていた。ここで、各無線局が用いる基準タイミング $t 0$ は、GPS 信号に含まれる時間情報や、電波時計から得られる時間タイミングを、送信局と各無線局とが共有することとしてもよい。

【0155】

(第 5 の実施形態)

第 5 の実施形態に係る無線伝送システムは、送信局と無線局とが、有線伝送路を介して接続されている点で、第 4 の実施形態と相違する。

【0156】

図 23 は、本発明の第 5 の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図 23 に示す無線伝送システムは、図 19 に示す第 4 の実施形態に係る無線伝送システムと

比較すると、送信局 15 と無線局 A1 ～ D1 とが有線伝送路を介して接続されている点で相違する。それ以外の構成は第 3 の実施形態と同様であるため、図 19 と同様の符号を付し、詳細な説明を省略する。また、送信局 15 および無線局 14 が送信する信号も第 3 の実施形態と同様であるため、図 15 を援用する。

【0157】

また、送信局 15 および無線局 14 が送信する信号のタイミングについても、第 4 の実施形態と同様であるため、図 22 を援用する。

【0158】

以上のように、本実施形態によれば、送信局および無線局が有線伝送路を介して接続されている場合であっても、受信局において、最大限のバスダイバーシチの効果を得ることができる。

【0159】

(第 6 の実施形態)

第 6 の実施形態に係る無線伝送システムは、第 3 の実施形態と比較すると、送信局と無線局とが有線伝送路を介して接続されており、無線局の代わりに送信局が信号の遅延量を制御する点で相違する。

【0160】

図 24 は、本発明の第 6 の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図 24 において、無線伝送システムは、送信局 16 と、複数の無線局 17 と、受信局 12 とを備える。送信局 16 と無線局 17 とは、有線伝送路を介して接続され、無線局 17 と受信局 12 とは、無線を介して接続される。本実施形態において、無線伝送システムが備える無線局 17 は 4 つである。この 4 つの無線局 17 を区別するために、それぞれ無線局 A2 ～ D2 と呼ぶ。また、4 つの無線局 A2 ～ D2 を特に区別する必要がない場合、無線局 17 と総称する。また、受信局 12 の構成は、第 1 の実施形態に係る受信局の構成と同様であるため、説明を省略する。

【0161】

送信局 16 は、無線局 17 が送信する信号に与えるべき遅延量を指示する。無線局 17 は、送信局 16 から指示された遅延量を信号に与えて送信する。

【0162】

図 25 は、送信局 16 の構成を示すブロック図である。図 25 において、送信局 16 は、遅延量決定部 161 と、4 つの遅延量挿入部 162A ～ 162D とを含む。なお、変調部や RF 部、アンテナ部の図示は省略している。

【0163】

遅延量決定部 161 は、無線局 A2 ～ D2 に送信する信号に与えるべき遅延量 $t_A \sim t_D$ を複数の候補値（例えば T_1 または T_2 ）から選択して決定する。候補値の数は、無線伝送システムが許容する最大有効ブランチ数に等しい。遅延量決定部 161 は、決定した遅延量 $t_A \sim t_D$ を、それぞれ遅延量挿入部 162A ～ 162D に渡す。なお、遅延量決定部 161 が、いずれの遅延量を選択するかは、予め定められていてもよく、また、ランダムに選択してもよい。望ましくは、各無線局が送信局に接続されているため、送信局が、各無線局に割り当てる遅延量が均等に分散するように決定するとよい。

【0164】

遅延量挿入部 162A ～ 162D は、図 15 に示すフレーム化された送信データの後部に、決定された遅延量 $t_A \sim t_D$ を示す遅延量を付加する。このように、送信局 16 は、遅延量を信号に付加することによって、無線局 17 が送信する信号に与えるべき遅延量を通知する。

【0165】

図 26 は、無線局 17 の構成を示すブロック図である。図 26 に示す無線局 17 は、図 16 に示す第 3 の実施形態に係る無線局 14 の構成において、遅延量設定部 28 の代わりに遅延量抽出部 29 が含まれた構成となっている。図 16 と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

【0166】

遅延量抽出部29は、復調されたデータから、遅延量を抽出して、送信タイミング制御部23に渡すとともに、抽出後の遅延量を含まない送信データをデータ保持部22に渡す。送信タイミング制御部23は、基準タイミングに、遅延量を加算して送信タイミングを決定する。また、このときの送信局16および無線局17が送信する信号のタイミングは、第3の実施形態と同様であるため、図18を援用する。

【0167】

図27は、以上のように構成される送信局16および無線局17の動作を示すフローチャートである。まず、送信局16において、遅延量決定部161は、無線局A2～D2に送信する信号に与えるべき遅延量 $t_A \sim t_D$ を複数の候補値から選択して決定する（ステップS801）。遅延量決定部161は、決定した遅延量 $t_A \sim t_D$ を、それぞれ遅延量挿入部162A～162Dに渡す。

【0168】

次に、送信局16は、送信すべきデータに遅延量を付加して送信する（ステップS802）。遅延量挿入部162A～162Dは、フレーム化された送信データの後部に、決定された遅延量 $t_A \sim t_D$ を表す値を付加し、図示しない変調部に渡す。変調部によって変調された信号は、RF部およびアンテナを介して無線局A2～D2に送信される。

【0169】

無線局17は、送信局16から送信されてきた信号を受信したか否かを判断する（ステップS803）。信号を受信した場合、復調部26は、RF部24から出力される信号を復調し、復調データとする。

【0170】

送信タイミング制御部23は、復調データから遅延量を抽出する（ステップS804）。そして、送信タイミング制御部23は、基準タイミングに、遅延量を加算して送信タイミングを決定する（ステップS805）。

【0171】

そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになると（ステップS806でYes）、変調部21に送信開始信号を渡す。送信データは、変調部21によって変調された後、RF部24およびアンテナ25を経由して受信局12に送信される（ステップS807）。

【0172】

以上のように、本実施形態によれば、送信局が、無線局が送信する信号のタイミングを制御することができる。

【0173】

（第6の実施形態の変形例）

第6の実施形態において、送信局は、無線局が信号に与えるべき遅延量を通知していた。これに対し、本変形例では、送信局は、各無線局に送信する信号に所定の遅延量を与えて送信する。第6の実施形態に係る送信局16と区別するために、本変形例に係る送信局を送信局18と呼ぶ。また、第6の実施形態に係る無線局17と区別するために、本変形例に係る無線局を無線局19と呼ぶ。

【0174】

送信局18の構成は、第1の実施形態に係る無線局11の構成と同様であるため、図1を援用する。送信局18において、各無線局に与えるべき遅延量は予め定められている。送信タイミング制御部23は、各無線局に送信する信号に与える遅延量と、基準タイミングとに基づいて、送信開始タイミングを決定する。そして、送信開始タイミングになると、送信開始信号が出力され、信号の送信が開始される。また、送信局18の動作は、信号を複数の無線局に送信する点以外は、第1の実施形態に係る無線局の動作と同様であるため、図2を援用して説明を省略する。

【0175】

無線局19の構成は、送信局18から送信されてきた信号を受信局12に送信すること

ができる構成であればよい。例えば、無線局 19 は、アンテナ、RF 部、変調部および復調部を含んでいればよい。

【0176】

図 28 は、第 6 の実施形態の変形例に係る無線局 19 が送信する信号のタイミングを示す図である。以下、4 つの無線局 19 を区別する必要がある場合、各無線局 19 を無線局 A2～D2 と呼ぶこととする。

【0177】

送信局 18 が、無線局 A2 および C2 に送信する信号に与える遅延量 t_A および t_C は、 T_1 である。一方、送信局 18 が、無線局 B2 および D2 に送信する信号に与える遅延量 t_B および t_D は、 T_2 である。送信局 18 は、所定のタイミングに対して、遅延量 T_1 または T_2 を与えて各無線局に信号を送信する。

【0178】

ここで、送信局と各無線局 A2～D2 間の伝搬時間 $a_{1A} \sim a_{1D}$ は無視できるほどに小さいか、すべて同じであるとし、これを α_1 とおく。したがって、無線局 A2 および C2 が送信局 18 からの信号を受信するタイミングは $(T_1 + \alpha_1)$ である。また、無線局 B2 および D2 が送信局 18 からの信号を受信するタイミングは $(T_2 + \alpha_1)$ である。

【0179】

また、無線局 A2～D2 と受信局 12 との間の伝搬時間差は、無視できるほどに小さいか、全て同じであるものとし、無線局 A2～D2 および受信局 12 間の伝搬時間 $a_{2A} \sim a_{2D}$ をすべて α_2 とおく。したがって、受信局 12 は、タイミング $(T_1 + \alpha_1 + \alpha_2)$ 、またはタイミング $(T_2 + \alpha_1 + \alpha_2)$ のいずれかのタイミングで信号 A2～D2 を受信することとなる。この 2 つのタイミングは、 $(T_2 - T_1)$ の時間差がある。これにより、バスターミナルによる効果を発揮することができる。

【0180】

以上のように、本変形例によれば、送信局は、複数の無線局に送信する信号に所定の遅延量を与えて送信する。これにより、無線局は、送信する信号に遅延量を与える必要はないため、無線局の構成を簡易なものとすることができる。

【0181】

なお、本実施形態では、送信局は、送信信号ごとに選択した遅延量を与えて送信していた。ここで、送信局と各無線局とを接続する有線伝送路の長さを調整することによって、各無線局が信号を受信するタイミングを制御することとしてもよい。

【0182】

なお、第 1～第 6 の実施形態では、無線伝送システムが備える無線局の数は 4 つであるものとして説明したが、無線局の数は 2 つまたは 3 つであってもよく、また、5 つ以上であってもかまわない。

【0183】

以上、第 1～第 6 の実施形態では、複数の無線局と受信局との間の距離は、無視できる程度に小さいか、または全て同じである場合について説明した。以下の実施形態では、複数の無線局と受信局との距離の差が、無視できないほど大きい場合について説明する。

【0184】

(第 7 の実施形態)

図 29 は、本発明の第 7 の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。本実施形態において、送信局 18、無線局 19 および受信局 12 の構成は、第 6 の実施形態の変形例と同様であるため、説明を省略する。また、4 つの無線局 19 を区別する必要がある場合、無線局 19 を無線局 A2～D2 と呼ぶ。

【0185】

送信局 18 は、無線局 A2～D2 に送信すべき信号 A2～D2 に、それぞれ遅延量 $t_A \sim t_D$ を与えて送信する。ここで、送信局と無線局 A2～D2 とを接続する有線伝送路の長さはほぼ等しいものと仮定する。したがって、送信局 18 から無線局 A2～D2 までの信号 A2～D2 の伝搬時間 $a_{1A} \sim a_{1D}$ は、すべて同じであるものとし、これを α_1 と

おく。

【0186】

1つの無線局は1つの通信エリアを形成しており、複数の無線局A2～D2を、複数の通信エリアが連続するように、一列に配列する。複数の無線局A2～D2は、例えば、直線状に配置されていてもよい。また、複数の無線局A2～D2が形成する通信エリアにおいて、重複しているエリアを複合エリアと呼ぶ。また、無線局A2、無線局B2および無線局C2の通信エリアが重複するエリアを複合エリアAと呼ぶ。また、無線局B2、無線局C2および無線局D2の通信エリアが重複するエリアを複合エリアBと呼ぶ。以下、無線局A2～D2が送信する信号を区別する必要がある場合、それぞれ信号A～Dと呼ぶ。

【0187】

受信局12が複合エリアA内に位置する場合、受信局12は、信号A、信号Bおよび信号Cを受信する。一方、受信局12が複合エリアB内に位置する場合、信号B、信号Cおよび信号Dを受信する。このように、複合エリアA、複合エリアBでは、3つの無線局19からの信号が到来する。なお、本実施形態では、複合エリアは、3つの無線局によって形成されるものとして説明するが、複合エリアは、4つ以上の無線局によって形成されてもよい。

【0188】

図30は、2つの無線局A2およびB2と、受信局12との位置関係を示す概略図である。ここで、受信局12のアンテナの高さを H_r とし、無線局A2およびB2のアンテナの高さを H_t とする。また、無線局A2と無線局B2との距離を L とし、受信局12と無線局A2との距離を x とする。

【0189】

無線局A2と受信局12との行路長（伝搬距離）を z_A とし、無線局B2と受信局12との行路長を z_B とすると、

【数1】

$$z_A = \sqrt{x^2 + (H_t - H_r)^2}$$

【数2】

$$z_B = \sqrt{(x + L)^2 + (H_t - H_r)^2}$$

と表され、 z_B および z_A の行路長差 Δz は、

【数3】

$$\Delta z = z_B - z_A$$

$$= \sqrt{(x + L)^2 + (H_t - H_r)^2} - \sqrt{x^2 + (H_t - H_r)^2}$$

となる。

【0190】

ここで、道路上を走行する車両が路側に設置された無線機と無線通信することを想定して、 $L = 60\text{ m}$ 、 $H_t = 10\text{ m}$ 、 $H_r = 1\text{ m}$ と仮定する。

【0191】

図31は、行路長差 Δz と、受信局12および無線局の距離 x との関係を示す図である。図31において、縦軸は、行路長差 Δz を示し、横軸は、受信局12および無線局19の距離 x と示す。

【0192】

図31に示すように、無線局A2と受信局12との距離が数m以上程度離れていれば、行路長差 Δz を、無線局A2およびB2のアンテナ間距離に近似することができる。よって、受信局12の位置によらず、行路長差 Δz は、アンテナ間隔 L にほぼ等しく、

$$\Delta z = z B - z A \doteq L$$

とおける。したがって、送信局 A 2 からの伝搬時間 $p A$ と送信局 B 2 からの伝搬時間 $p B$ について、その差 Δp は、距離 L に相当する伝搬時間を P として、

$$\Delta p = p B - p A \doteq P \quad \cdots (1)$$

とおける。

【0193】

そして、無線局 A 2 にはタイミング $t A$ で、無線局 B 2 にはタイミング $t B$ で、無線局 C 2 にはタイミング $t C$ で、無線局 D 2 にはタイミング $t D$ で送信する。ここで、 $t A$ と $t B$ の時間差を $t A B = t B - t A$ とおく。他の遅延量についても同様に、この表記に従う。

【0194】

次に、遅延量 $t A$ 、 $t C$ の設定方法と受信局 1 2 が複合エリア A（無線局 A 2 が最前）に位置する場合の受信タイミングについて説明する。

【0195】

図 3 2 は、受信局 1 2 が複合エリア A 内に位置する場合における信号のタイミングを示す図である。受信局 1 2 は、常に手前から 3 局目までの無線局からの電波を受信する。ここで、3 つの伝搬時間を区別するために、手前の無線局からそれぞれ、 $p A A$ 、 $p B A$ 、 $p C A$ とする。これらは、式 (1) の近似より、複合エリア A 内における受信局 1 2 の位置に関わらず、

$$p B A - p A A = P (> 0)、p C A - p A A = 2 P \text{ とおける。なお、}$$

【0196】

各無線局 A 2 ～ C 2 からの信号が受信局 1 2 で受信されるタイミングは、

無線局 A 2 からの信号 A 2 : $t A + \alpha + p A A$

無線局 B 2 からの信号 B 2 : $t B + \alpha + p B A$

無線局 C 2 からの信号 C 2 : $t C + \alpha + p C A$

となり、各信号間の到来時間差は、

$$\begin{aligned} \text{信号 A 2 と信号 B 2 との到来時間差 } \tau A B &= (t B - t A) + (p B A - p A A) \\ &= t A B + P \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{信号 A 2 と信号 C 2 との到来時間差 } \tau A C &= (t C - t A) + (p C A - p A A) \\ &= t A C + 2 P \end{aligned}$$

となる。ここで、 $t A C = -2 P (= t C - t A < 0)$ となるように、遅延量 $t C$ を設定すれば、 $\tau A C = 0$ となる。したがって、受信局 1 2 は、信号 A 2 と信号 C 2 とを同じタイミングで受信する。ここで、 $t A C$ が負であるということは、 $t C$ の方が $t A$ より早いタイミングであることを意味している。そして、受信局 1 2 は、信号 A および C の受信タイミングから $(t A B + P)$ 経過後に信号 B を受信する。つまり、受信局 1 2 は、3 つの無線局から送信された信号を、2 つのタイミングで受信することとなる。

【0197】

同様に、遅延量 $t B$ 、 $t D$ の設定方法と受信局 1 2 が複合エリア B（無線局 1 1 B が最前）に位置する場合の受信タイミングについて説明する。

【0198】

図 3 3 は、受信局 1 2 が複合エリア B 内に位置する場合における無線伝送システムの構成を示す図であり、図 3 4 は、受信局 1 2 が複合エリア B 内に位置する場合における信号のタイミングを示す図である。

【0199】

受信局 1 2 は、常に手前から 3 局目までの無線局 B 2 ～ D 2 からの信号を受信可能で、手前からの無線局 B 2 ～ D 2 の伝搬時間を、手前からそれぞれ、 $p B B$ 、 $p C B$ 、 $p D B$ とする。これらは、式 (1) の近似より、複合エリア B での受信局 1 2 の位置に関わらず

$$p C B - p B B = P (> 0)、p D B - p B B = 2 P \text{ とおける。}$$

【0200】

各無線局 1 1 からの到来波信号が受信端に到着する時間は、

無線局 1 1 B からの信号 A : $t_B + \alpha + p_{BB}$

無線局 1 1 C からの信号 B : $t_C + \alpha + p_{CB}$

無線局 1 1 D からの信号 C : $t_D + \alpha + p_{DB}$

となり、各信号の到来時間差は、

$$\begin{aligned}\text{信号 B 2 と信号 C 2 との到来時間差 : } \tau_{BC} &= (t_C - t_B) + (p_{CB} - p_{BB}) \\ &= (t_{AC} + t_A) - (t_{AB} + t_A) + P \\ &= -2P - t_{AB} + P \\ &= -(t_{AB} + P) \quad (< 0)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{信号 D 2 と信号 B 2 との到来時間差 : } \tau_{BD} &= (t_D - t_B) + (p_{DB} - p_{BB}) \\ &= t_{BD} + 2P\end{aligned}$$

となる。ここで、 $t_{BD} = -2P$ ($= t_D - t_B < 0$) となるように、遅延量 t_B 、 t_D を設定すれば、 $\tau_{BD} = 0$ となる。よって、受信局 1 2 は、信号 B と信号 D とを同じタイミングで受信する。

【0201】

したがって、受信局 1 2 は、はじめに信号 C を受信し、その後、 $(t_{AB} + P)$ 経過後に信号 B および信号 D を同じタイミングで受信する。つまり、受信局 1 2 は、3 つの無線局から送信された信号を、2 つのタイミングで受信することとなる。

【0202】

以上のように、複合エリア A、複合エリア B においては、受信端では常に手前から 3 つの無線局 1 9 からの信号が 2 つのタイミングで受信されることになる。そして、その 2 つのタイミングは、次隣接の無線局、本実施形態では無線局 A 2 および C 2、無線局 B 2 および D 2 の組み合わせである。このように、受信局 1 2 がどの複合エリアに位置する場合であっても、隣接の無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することができる。

【0203】

なお、 t_A および t_B が $T_{min} \leq (t_B - t_A + P) \leq T_{max}$ を満たすように設定すれば、受信局 1 2 がバスダイバーシチを効果的に発揮する到来時間差なので、伝送特性が改善される。

【0204】

以上のように、本実施形態によれば、複数の無線局と受信局との伝搬時間差が無視できないほどに大きい場合であっても、受信局が受信する信号のタイミングの数が、バスダイバーシチによる効果に寄与する有効ブランチ数（ここでは 2 つ）になるように、送信局が各無線局に送信する信号に与える遅延量を調整する。これにより、受信局において、バスダイバーシチによる効果を最大限に得ることができる。また、受信局から遠い無線局からの信号が受信局に対して干渉を生じさせず、バスダイバーシチによる効果に寄与させることができる。

【0205】

また、図 3 3 において、複合エリア A および B に隣接するエリアでは、信号 B 2 と信号 C 2 が受信される。信号間の到来時間差は $t_{BC} = -(t_{AB} + P) = -(t_B - t_A + P)$ であるので、バスダイバーシチによる効果を得ることができる。

【0206】

なお、本実施形態では、2 つの複合エリアを構成する 4 つの無線局を例に説明したが、さらにエリア数を増やすために同様な遅延量の設定で、設置する無線局の数をさらに増やし、エリアを拡張することもできる。

【0207】

（第 8 の実施形態）

第 8 の実施形態は、第 7 の実施形態で示した連続的な線状連続エリアを横方向に配列することで、面状エリアを構成し、各複合エリアで 2 つのタイミングで信号を受信することを特徴とする。

【0208】

図35は、本発明の第8の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。本実施形態において、送信局18、無線局19および受信局12の構成は、第7の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0209】

本実施形態において、無線伝送システムは、8つの無線局19を備える。本実施形態では、4つの無線局19が、無線局A2～D2の順に並んだ4つの無線局を一組として、二組が面状の通信エリアを構成するように配置されている。なお、この8つの無線局を区別する必要がある場合、一方の組に含まれる無線局19を無線局A2～D2と呼び、他方の組に含まれる無線局19を無線局B3～E3と呼ぶ。

【0210】

また、無線局A2～C2が形成する複合エリアを複合エリアA1、無線局B2～D2が形成する複合エリアを複合エリアB1と呼ぶ。また、無線局B3～D3が形成する複合エリアを複合エリアA2、無線局C3～E3が形成する複合エリアを複合エリアB2と呼ぶ。

【0211】

受信局12が複合エリアA1内に位置する場合、無線局A2およびC2が送信する信号A2およびC2を同じタイミングで受信する。また、受信局12が複合エリアB1内に位置する場合、無線局B2およびD2とが送信する信号B2およびD2を同じタイミングで受信する。図35に示すように、受信局12は、常に手前から3つの無線局が送信する信号を受信する。

【0212】

次に、受信局12が複合エリアB2（無線局B3が最前）内に位置する場合の受信タイミングについて説明する。

【0213】

第7の実施形態と同様に、複合エリアB1を形成する無線局のうち、受信局からの伝搬時間が小さい順に p_{BB} 、 p_{CB} 、 p_{DB} とする。複合エリア内における受信局12の位置に関わらず、図30の近似により、

$p_{CB} - p_{BB} = P (> 0)$ 、 $p_{DB} - p_{BB} = 2P$ 、 $p_{DC} - p_{CC} = P$ 、 $p_{EC} - p_{CC} = P$ とおける。また、 t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D についても、第7の実施形態と同様に、

$$t_{AC} = -2P (= t_C - t_A < 0)$$

$$t_{BD} = -2P (= t_D - t_B < 0)$$

の関係になるように設定されている。

【0214】

そして、無線局B3は無線局B2と同じ遅延量 t_B で、無線局C3は無線局C2と同じ遅延量 t_C で、無線局D3は無線局D2と同じ遅延量 t_D で、無線局E3は遅延量 t_E で信号を送信する。各無線局B3～D3からの信号が受信局12で受信されるタイミングは、

無線局B3からの信号B3： $t_B + \alpha + p_{BB}$

無線局C3からの信号C3： $t_C + \alpha + p_{CB}$

無線局D3からの信号D3： $t_D + \alpha + p_{DB}$

となり、各信号間の到来時間差は、

$$\begin{aligned} \text{信号B3と信号C2との到来時間差 } \tau_{BC2} &= (t_C - t_B) + (p_{CB} - p_{BB}) \\ &= \tau_{BC} \end{aligned}$$

$$= -(t_{AB} + P) \quad (< 0)$$

$$\begin{aligned} \text{信号B3と信号D3との到来時間差 } \tau_{BD2} &= (t_D - t_B) + (p_{DB} - p_{BB}) \\ &= \tau_{BD} \end{aligned}$$

$$= 0$$

となる。受信局12は、先に信号C3を受信し、その後、 $(t_{AB} + P)$ 経過後に信号B

3 および信号 D 3 を同じタイミングで受信する。つまり、受信局 1 2 は、3 つの無線局から送信された信号を、2 つのタイミングで受信することとなる。

【0215】

次に、遅延量 t_E の設定方法と、受信局 1 2 が複合エリア C 2 (無線局 C 3 が最前) 内に位置する場合の受信タイミングとについて説明する。図 3 4 は、受信局 1 2 が複合エリア C 2 内に位置する場合における信号のタイミングを示す図である。各無線局 C 3 ~ E 3 からの信号が受信局 1 2 で受信される時間は、

無線局 C 3 からの信号 C 3 : $t_C + \alpha + p_{CC}$

無線局 D 3 からの信号 D 3 : $t_D + \alpha + p_{DC}$

無線局 E 3 からの信号 E 3 : $t_E + \alpha + p_{EC}$

となり、各信号の到来時間差は、

信号 C 3 と信号 D 3 との到来時間差：

$$\begin{aligned}\tau_{CD} &= (t_D - t_C) + (p_{DC} - p_{CC}) \\ &= (t_{BD} + t_B) - (t_{BC} + t_B) + P \\ &= -2P - t_{BC} + P \\ &= -(t_{BC} + P) \quad (> 0) \\ &= -(t_C - t_B + P) \quad (> 0) \\ &= -((t_{AC} + t_A) - (t_{AB} + t_A) + P) \\ &= -(-2P - t_{AB} + P) \\ &= t_{AB} + P \quad (> 0)\end{aligned}$$

信号 C 3 と信号 E 3 との到来時間差： $\tau_{CE} = (t_E - t_C) + (p_{EC} - p_{CC})$
 $= t_{CE} + 2P$

である。

【0216】

ここで、 $t_{CE} = -2P$ となるように、遅延量 t_E を設定すれば、 $\tau_{CE} = 0$ となる。よって、受信局 1 2 は、信号 C 3 および E 3 を同じタイミングで受信する。

【0217】

したがって、受信局 1 2 は、はじめに信号 C 3 および E 3 を受信し、その後、 $(t_{AB} + P)$ 経過後に信号 D 2 を受信する。つまり、受信局 1 2 は、3 つの無線局から送信された信号を、2 つのタイミングで受信することとなる。

【0218】

以上のように、複合エリア B 2 および C 2 に位置する受信局は、常に 3 つの無線局からの信号を 2 つのタイミングで受信することとなる。具体的には、無線局 B 3 および D 3 から受信する信号のタイミングが同じであり、無線局 C 3 および E 3 から受信する信号のタイミングが同じであるように構成される。よって、どのエリアに受信局 1 2 が位置する場合であっても、隣接の無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することができる。

【0219】

したがって、 t_A および t_B が $T_{min} \leq (t_B - t_A) + P \leq T_{max}$ を満たすように設定すれば、受信局 1 2 がバスダイバーシチを効果的に発揮する時間差なので、伝送特性が改善される。

【0220】

さらに、複合エリア B 1 と複合エリア B 2 は同じ送信タイミングなので、受信局が信号を受信するタイミングの関係は、複合エリア A 1 と複合エリア B 1 との関係と、複合エリア A 1 と複合エリア B 2 との関係とが同じになる。

【0221】

このように、本実施形態によれば、一列に配置した無線局の組を面状に配置することによって、バスダイバーシチによる効果を発揮しつつ、より広い通信エリアをカバーすることができる。また、受信局から遠い無線局からの信号が受信局に対して干渉を生じさせず、バスダイバーシチによる効果に寄与させることができる。

【0222】

また、本実施形態では、4つの複合エリアを構成する8つの無線局を例に説明したが、さらにエリア数を増やすために、遅延量について同様な方法で設定して、連続的に無線局を増やすこともできる。

【0223】

図36は、複数の無線局によって形成された複合エリアの配置の一例を示す図である。図36に示すように、第7の実施形態に係る無線伝送システムは、複合エリアA1～E1のように、複数の複合エリアが線状に連続した構成となっている。図36では、この線状に配置した複数の複合エリアの組を組み合わせている。複合エリアA1～E1の組に対して、複合エリアB2～F2が隣接し、複合エリアB2～F2には複合エリアC3～G3が隣接するように配置されている。また、1つの複合エリアが3つの無線局の通信エリアが重なって形成される場合、A1やC1の白色の複合エリアでは、両端の無線局が送信する信号が、第1到来波となる。一方、B1やD1のグレーの複合エリアでは、両端の無線局が送信する信号が、第2到来波となる。このように、複合エリアを組み合わせることで、バスダイバーシチによる効果を発揮しつつ、より広い通信エリアをカバーすることができる。

【0224】

なお、第7および第8の実施形態では、各無線局が等間隔に配列されており、隣接する無線局間での伝搬時間差はすべて等しくPとするものとして説明したが、各伝搬時間に差がある場合でも、送信局が送信タイミングを調整することによってどのエリアに受信局12があっても、2つのタイミングで信号を受信することができる。また、第7および第8の実施形態において、受信局は、3つの無線局からの信号を受信するものとして説明したが、受信局は、4つ以上の無線局からの信号を受信することとして、2つの受信タイミングに集約されるように遅延量を設定してもよい。

【0225】

さらに、第7および第8の実施形態において、遅延量 t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D を信号に与える代わりに、送信局と各無線局とを接続する有線伝送路の長さを調整することによって、各無線局へ送信する信号に与える遅延量を変えてもよい。この場合、各無線局で信号に遅延を与える必要がなくなる。

【0226】

また、第7および第8の実施形態では、送信局が遅延量を与えた信号を無線局に送信していた。ここで、第6の実施形態と同様に、無線局が送信する信号に与えるべき遅延量を送信局が無線局に通知することとしてもよい。この場合、送信局は、無線局に対して同一のタイミングで信号を送信する。そして、無線局は、送信局から通知された遅延量を信号に与えて受信局へ送信する。

【0227】

また、第5～第8の実施形態において、送信局と無線局とは、有線伝送路を介して接続されているものとして説明したが、送信局と無線局とが、無線を介して接続されていてもよい。

【0228】

また、第1～第8の実施形態で具体例を挙げて説明した変復調方式以外の方式を用いて通信してもよい。変復調方式は、変調方式と復調方式とを組み合わせることで耐マルチパス性を発揮できるものであればよい。

【0229】

本発明にかかる無線伝送システムは、無線局が中継送信時に同時送信する複局同時送信システムにおいて、特に、複数の無線局が近接してバスダイバーシチ効果が得られないほどに伝搬距離が短くなることが想定される、家庭内で電化製品を無線接続するシステムや、通信エリアが局所的に限られて送受信間の伝搬時間を設計段階で意図的に調整できる狭域通信システム・路車間通信システムなどに利用できる。

【産業上の利用可能性】

【0230】

本発明は、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチの数が少数に限られる場合であっても、最大限のバスダイバーシチ効果を得ることができる無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0231】

【図1】 本発明の第1の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図2】 図1に示す無線局11の構成を示すブロック図

【図3】 PSK-VP方式を用いる場合における変調部21の構成を示すブロック図

【図4】 図1に示す受信局12の構成を示すブロック図

【図5】 PSK-VP方式を用いる場合における復調部33の構成を示すブロック図

【図6】 無線局11の動作を示すフローチャート

【図7】 無線局A～Dが信号を送信するタイミングを示す図

【図8】 OFDM方式を用いて通信する場合における変調部21aの構成を示すブロック図

【図9】 図8に示す変調部21aの主要部において生成される信号および送信開始信号のタイミングを示す図

【図10】 OFDM方式を用いて通信する場合における復調部33aの構成を示すブロック図

【図11】 シングルキャリア方式を用いて通信する場合における復調部303bの構成を示すブロック図

【図12】 本発明の第2の実施形態に係る変調部21cの構成を示すブロック図

【図13】 本発明の第2の実施形態に係る復調部33cの構成を示すブロック図

【図14】 本発明の第3の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図15】 送信局13および無線局14が送信する信号に用いられるフレームの構成を示す図

【図16】 図14に示す無線局14の構成を示すブロック図

【図17】 無線局14の動作を示すフローチャート

【図18】 無線局A1～D1が信号A1～D1を送信するタイミングを示す図

【図19】 本発明の第4の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図20】 図18に示す送信局15の構成を示すブロック図

【図21】 送信局15の動作を示すフローチャート

【図22】 第4の実施形態に係る送信局15および無線局A1～D1が送信する信号のタイミングを示す図

【図23】 本発明の第5の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図24】 本発明の第6の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図25】 送信局16の構成を示すブロック図

【図26】 無線局17の構成を示すブロック図

【図27】 送信局16および無線局17の動作を示すフローチャート

【図28】 第6の実施形態の変形例に係る無線局19が送信する信号のタイミングを示す図

【図29】 本発明の第7の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図30】 2つの無線局A2およびB2と、受信局12との位置関係を示す概略図

【図31】 行路長差 Δz と、受信局12および無線局の距離 x との関係を示す図

【図32】 図29に示す受信局12が複合エリアA内に位置する場合における信号のタイミングを示す図

【図33】 図29に示す受信局12が複合エリアB内に位置する場合における無線伝送システムの構成を示す図

【図34】 図29に示す受信局12が複合エリアB内に位置する場合における信号の

タイミングを示す図

【図 3 5】 本発明の第 8 の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図 3 6】 複数の無線局によって形成された複合エリアの配置の一例を示す図

【図 3 7】 特許文献 1 に記載された無線通信システムのブロック図

【図 3 8】 Q P S K－V P 方式を用いた場合における 2 波の到来時間差に対するビット誤り率特性を示す図

【図 3 9】 Q P S K－V P 方式における 2 遅延波と 3 遅延波の場合のビット誤り率特性を示す図

【図 4 0】 図 3 9 における 2 遅延波と 3 遅延波の時間関係を示す図

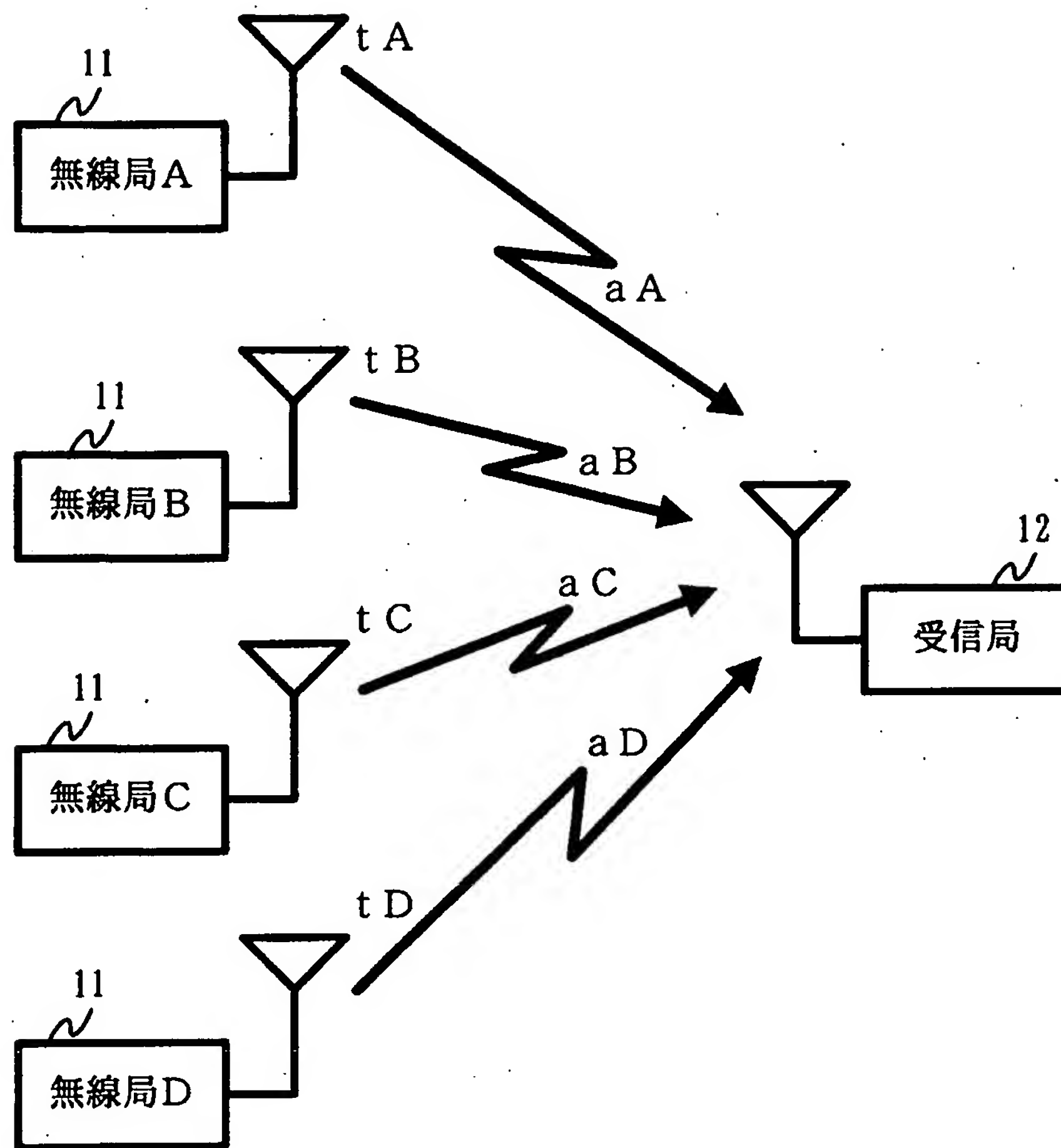
【符号の説明】

【 0 2 3 2 】

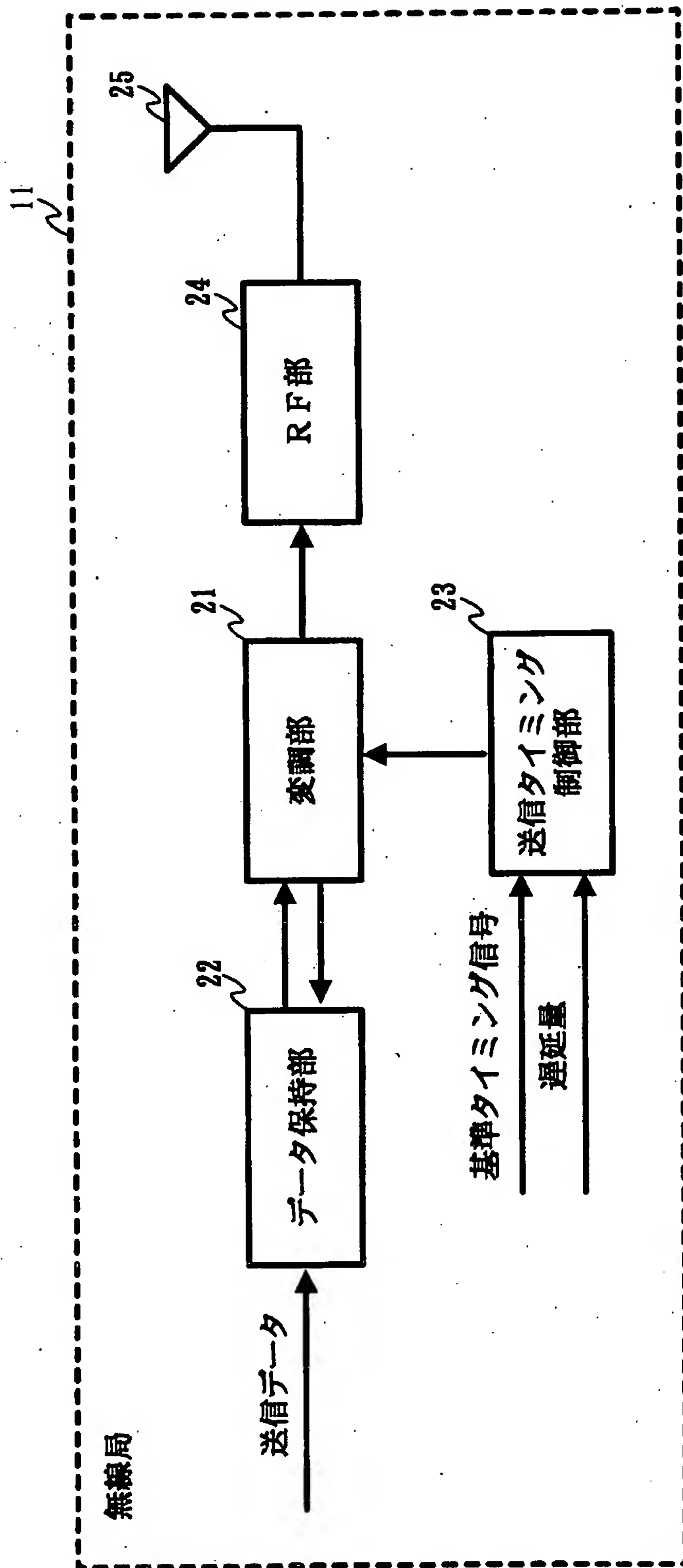
- 1 1、1 4、1 7、1 9 無線局
- 1 2 受信局
- 1 3、1 5、1 6、1 8 送信局
- 2 1、1 5 2 変調部
- 2 2 データ保持部
- 2 3 送信タイミング制御部
- 2 4、3 2、1 5 3 R F 部
- 2 5 アンテナ
- 2 7 U W 検出部
- 2 8、1 5 5 遅延量設定部
- 2 9 遅延量抽出部
- 3 3 復調部
- 1 5 1 再送信タイミング制御部
- 1 6 1 遅延量決定部
- 1 6 2 遅延量挿入部

【書類名】 図面

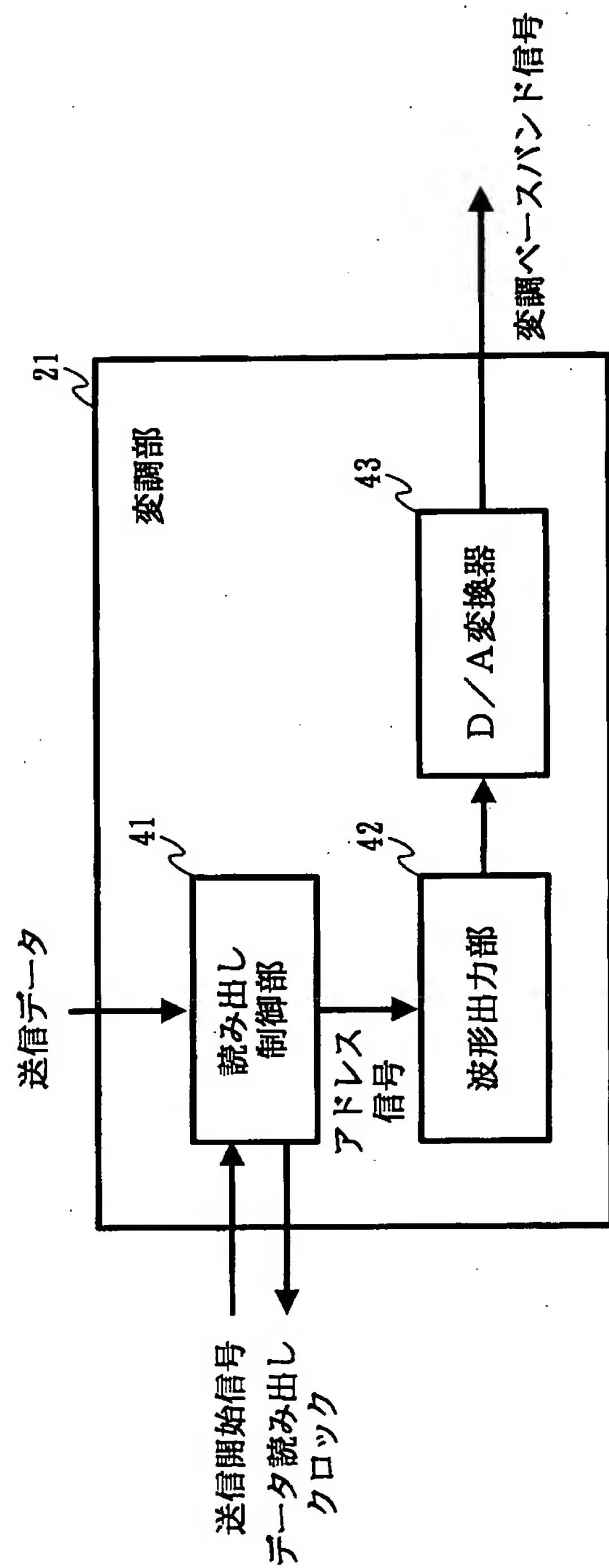
【図 1】



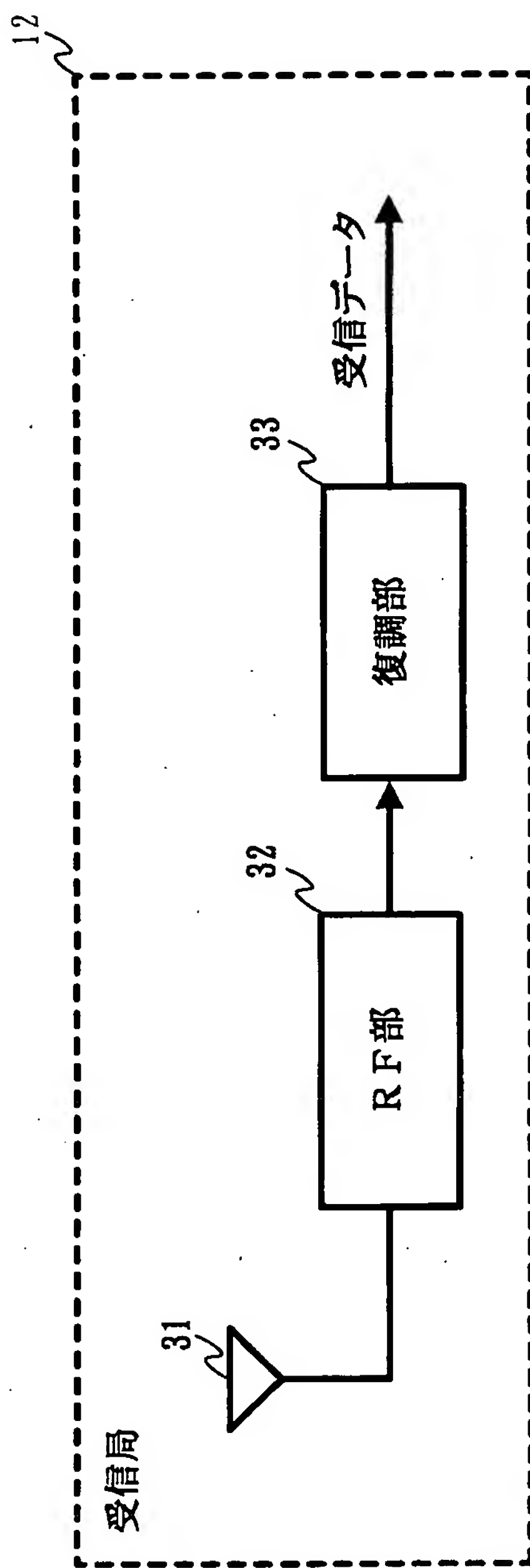
【図 2】



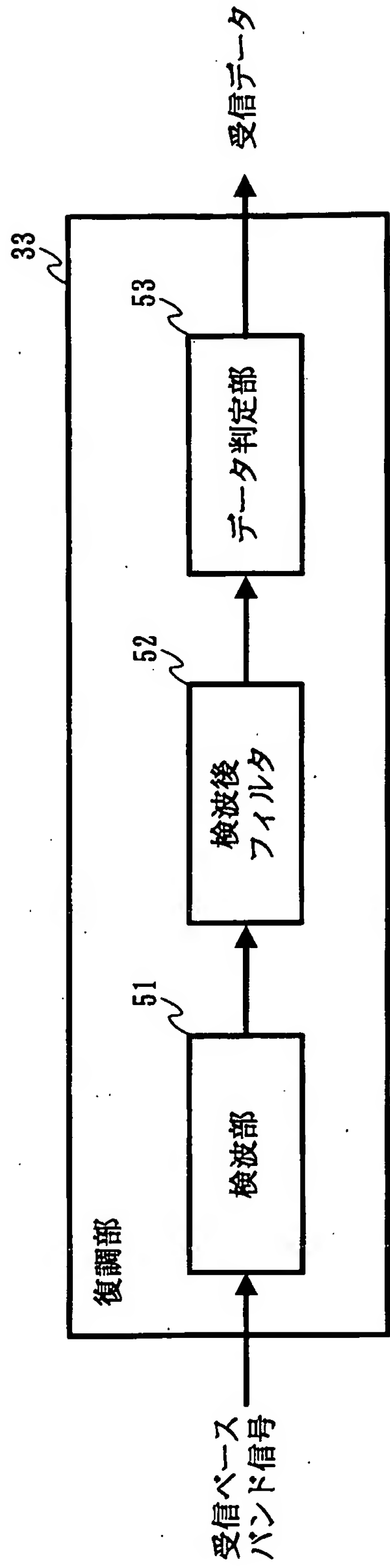
【図 3】



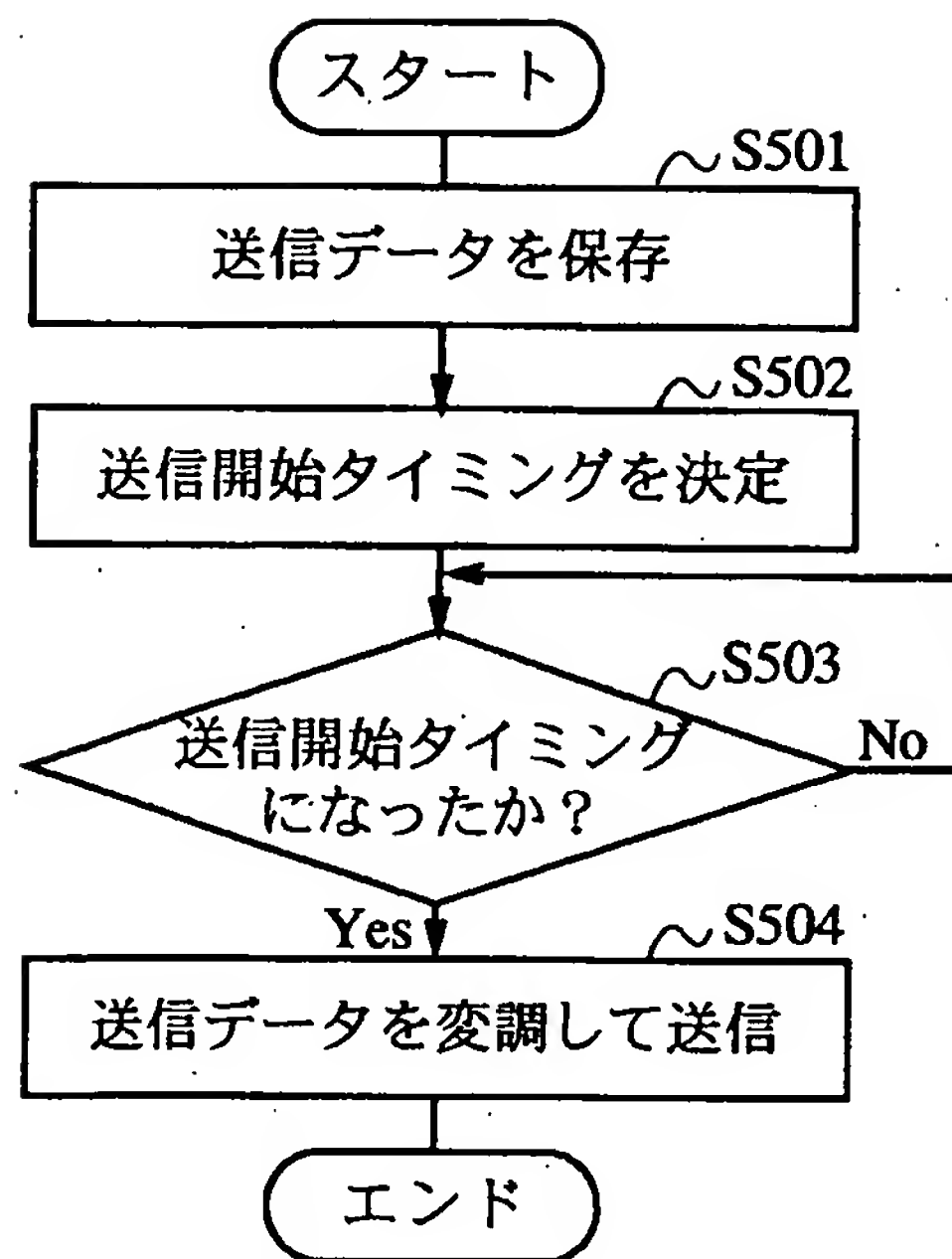
【 図 4 】

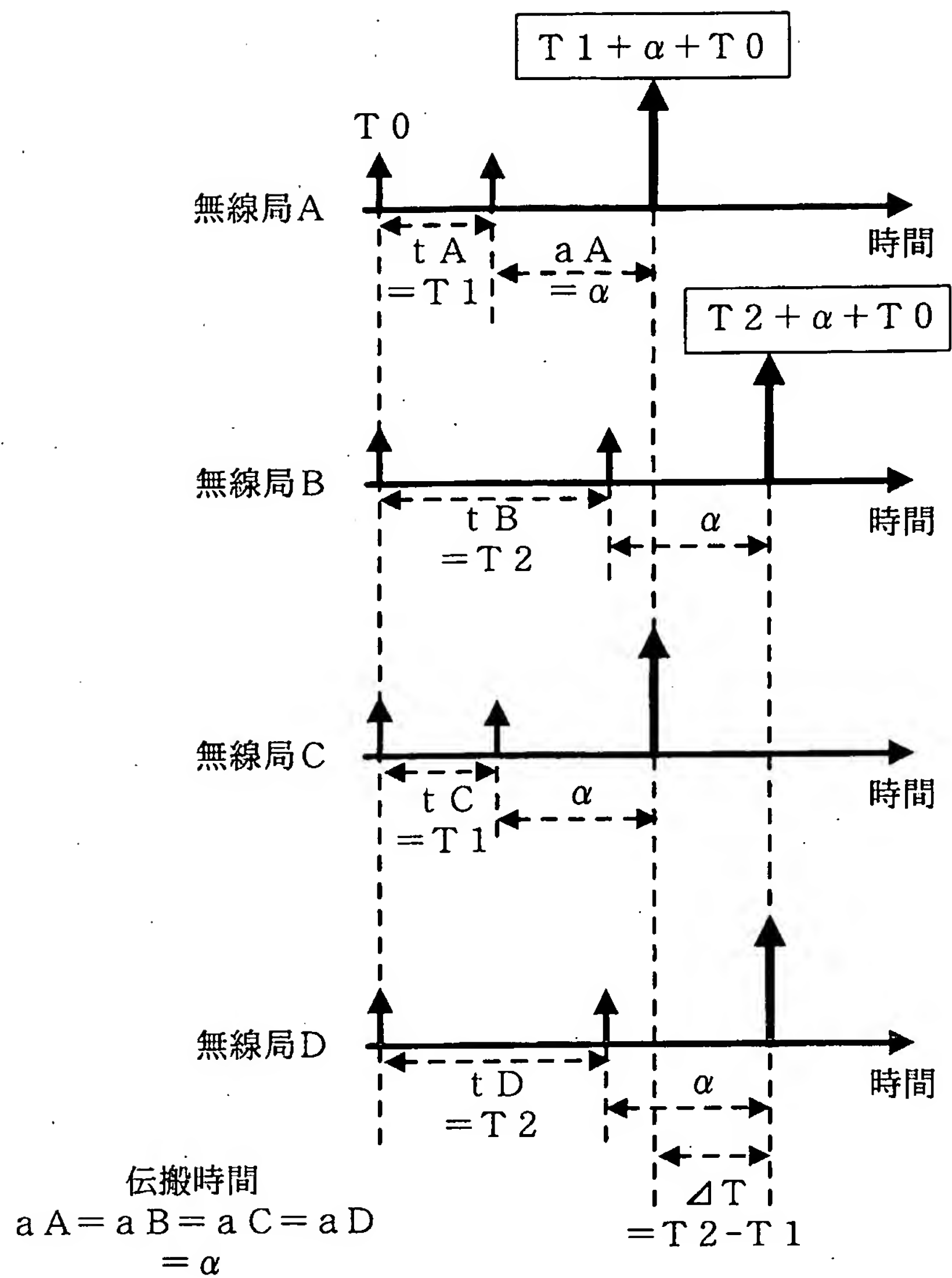


【図 5】

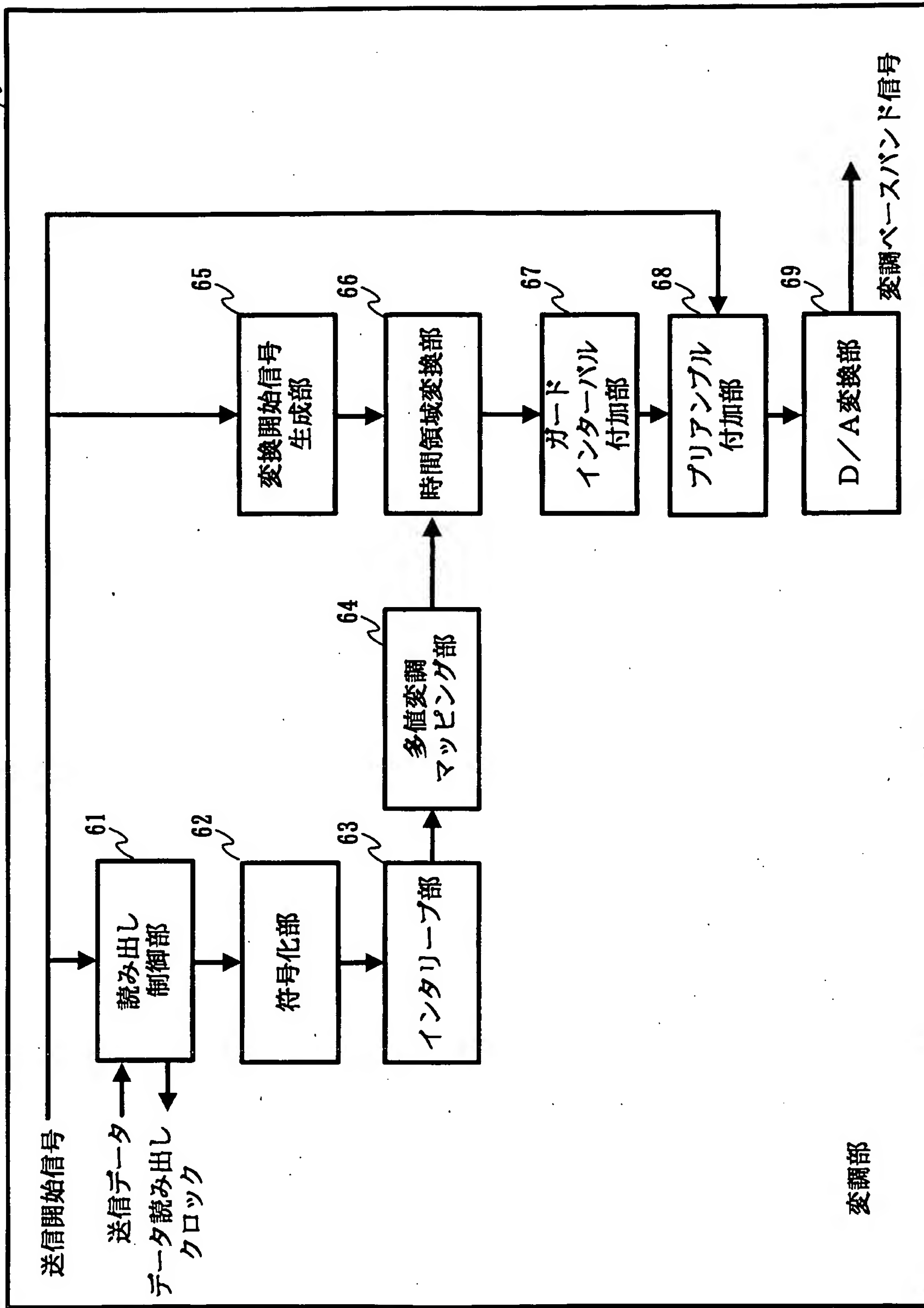


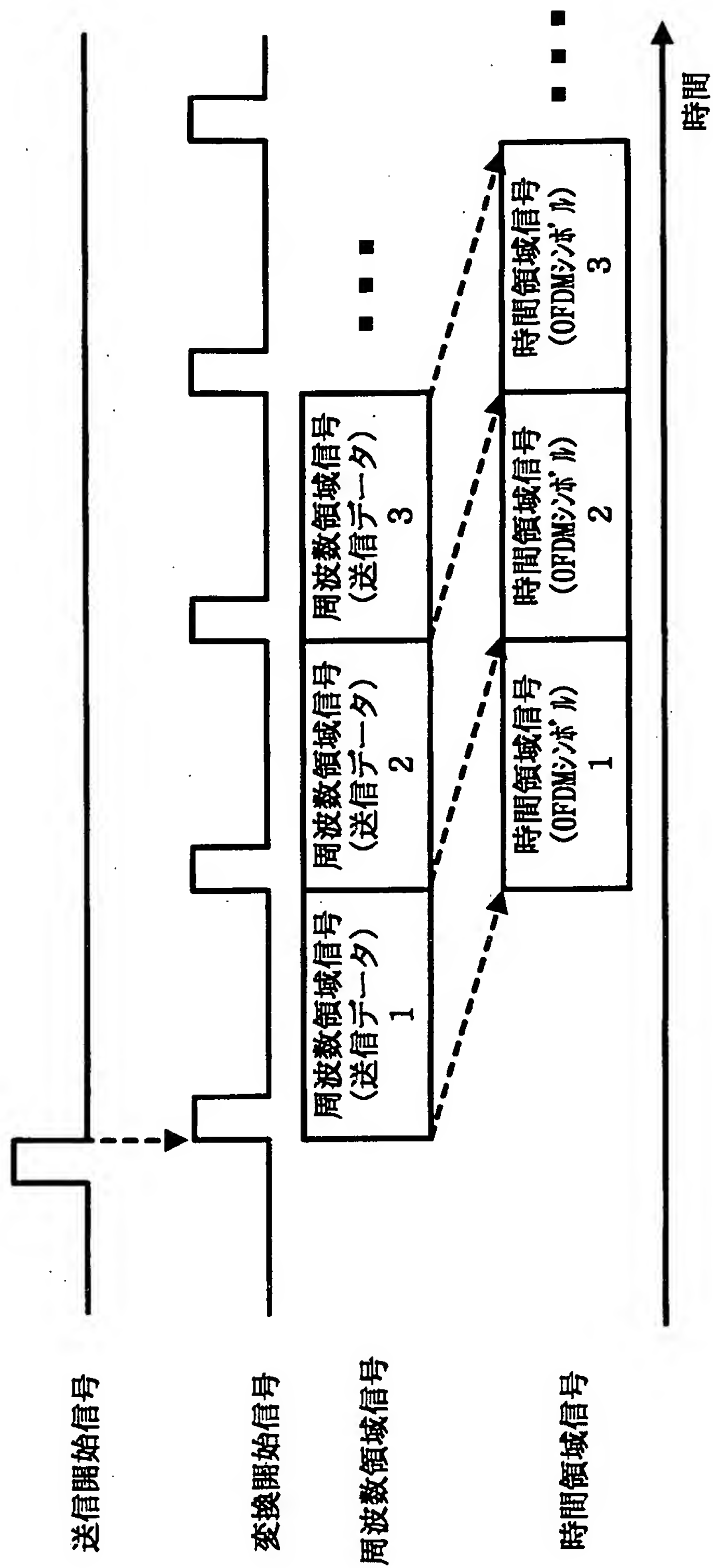
【図 6】



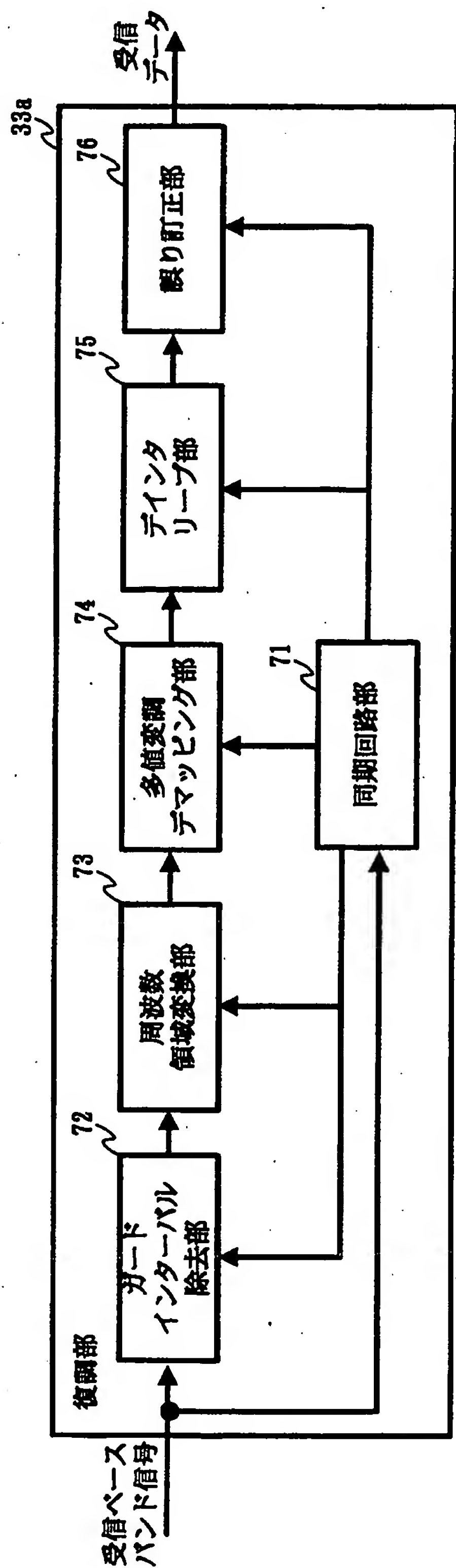


21a

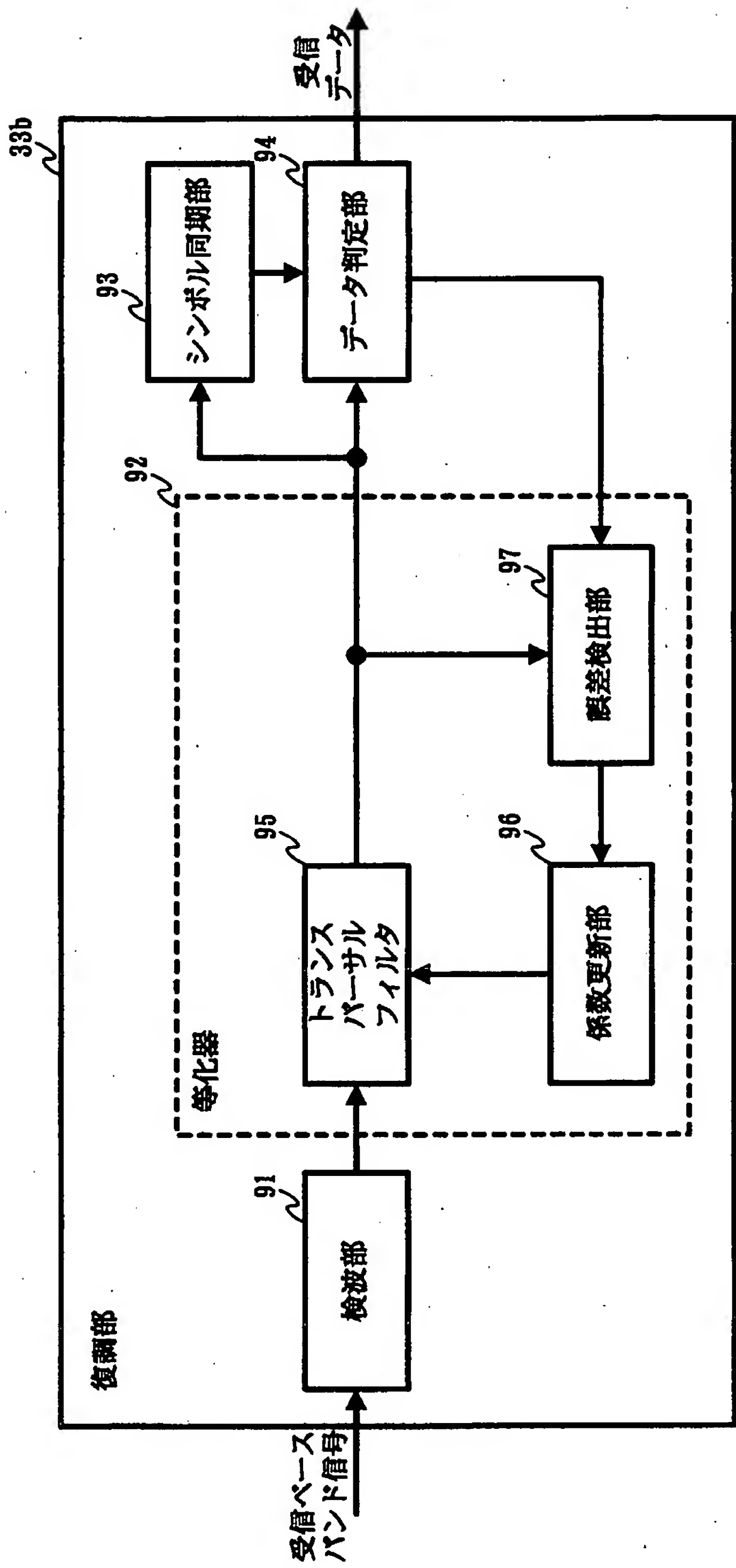




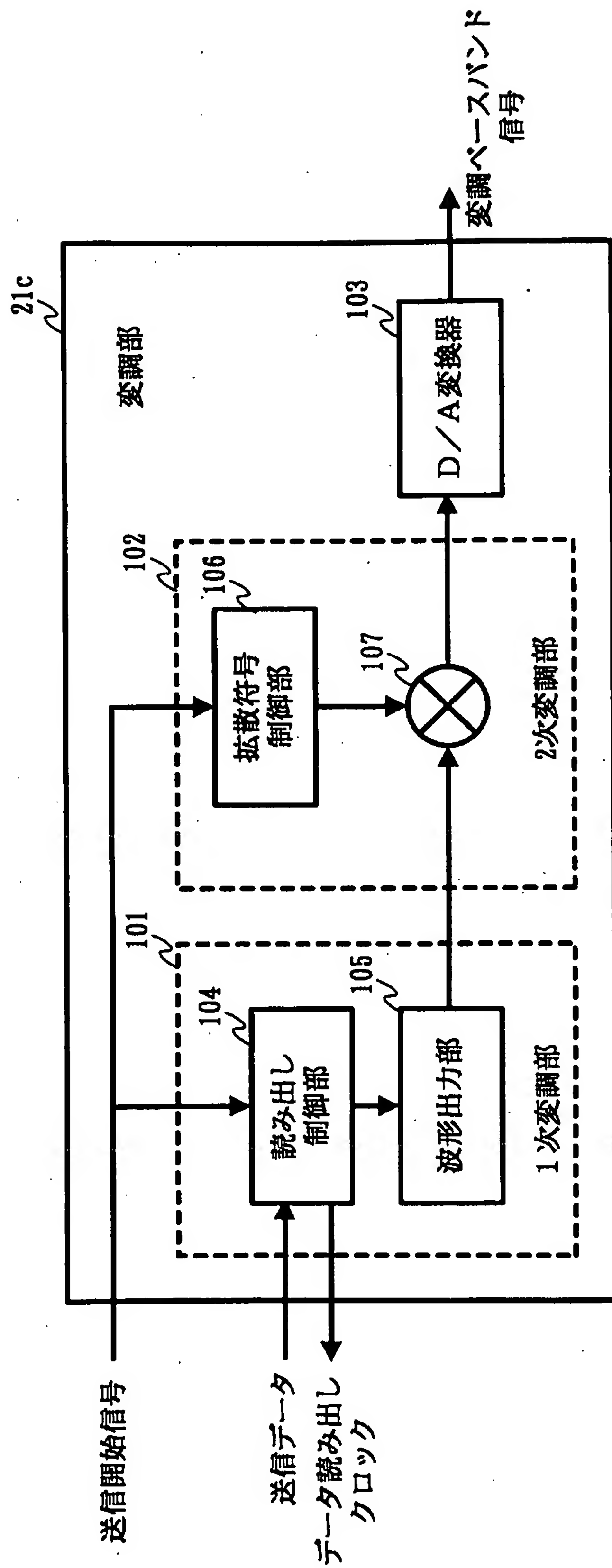
【図 10】



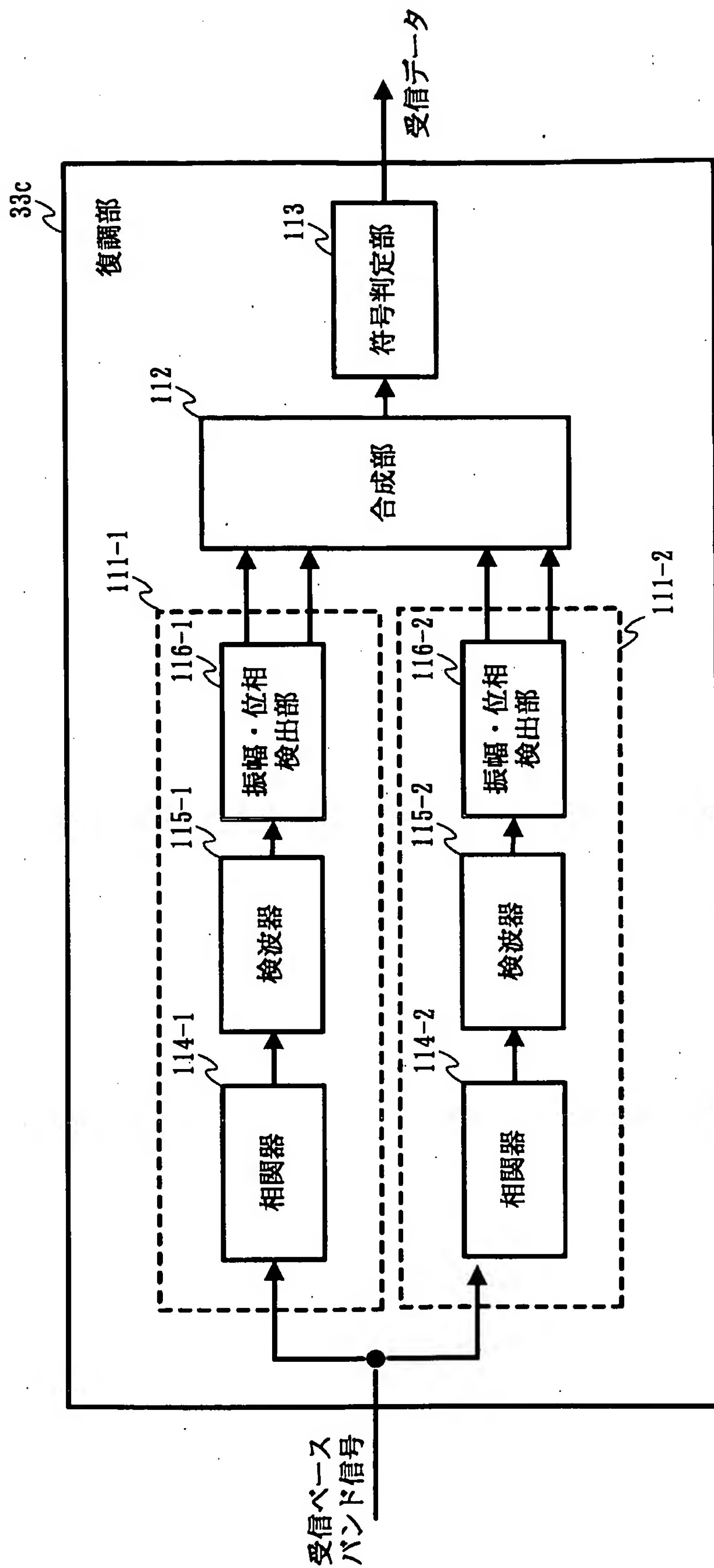
【図 11】



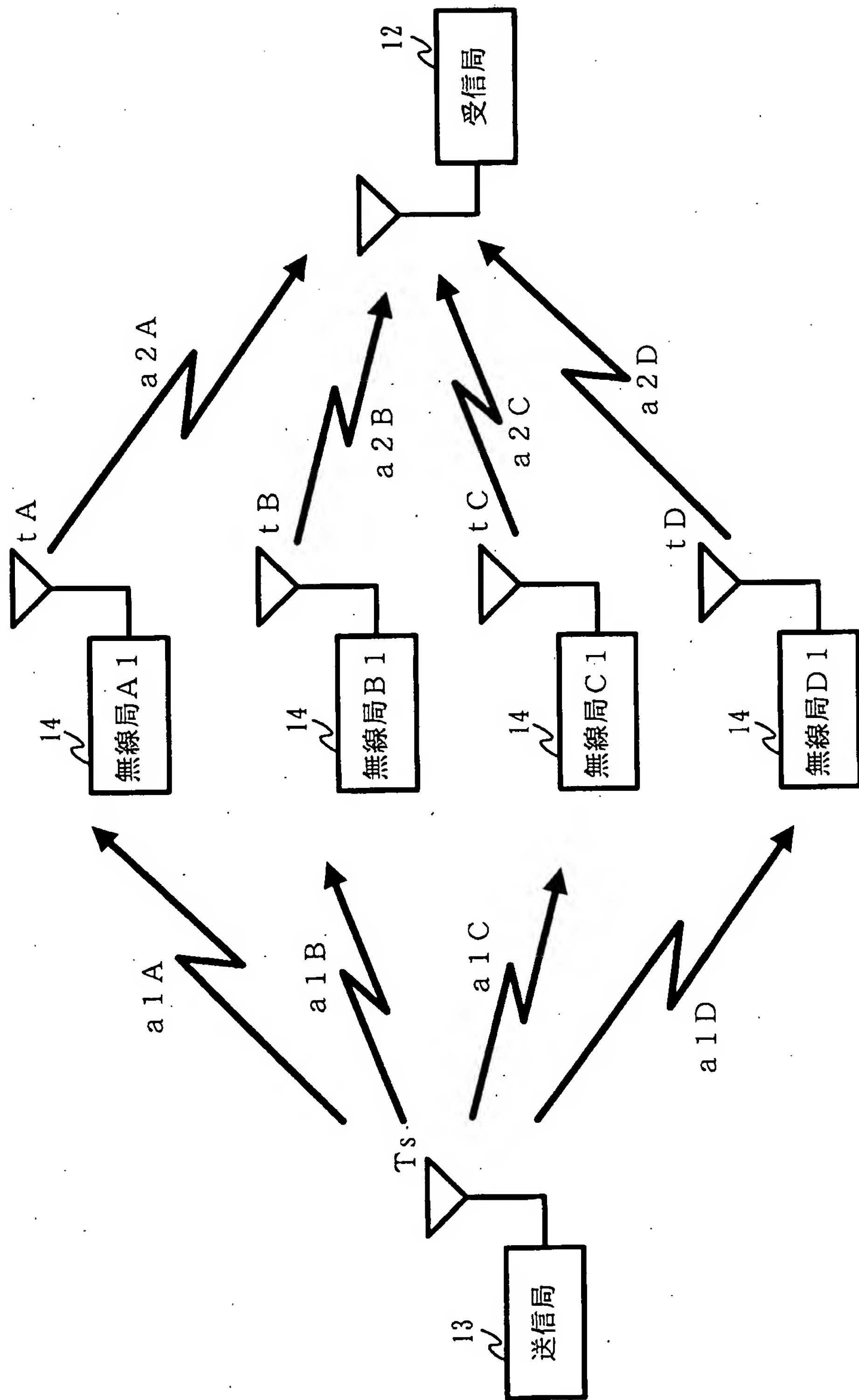
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】

